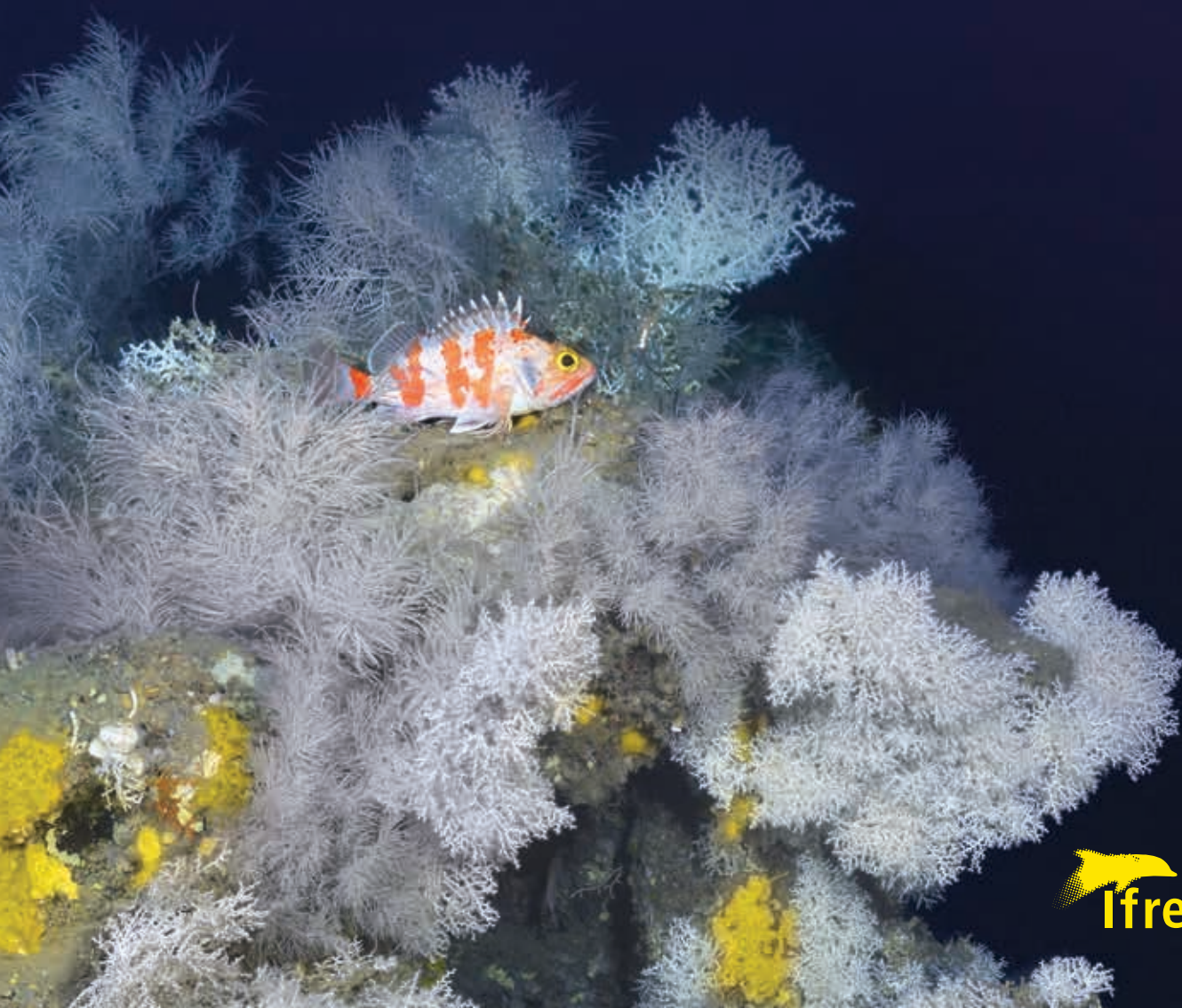

RAPPORT ANNUEL

2017





L'IFREMER

EN BREF

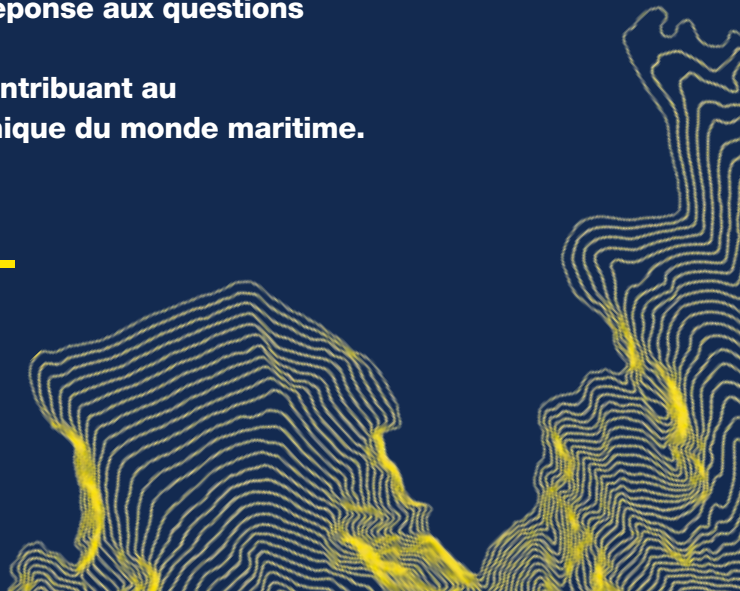
Créé le 5 juin 1984, l'Ifremer, institut national de recherche intégrée en sciences marines, s'appuie sur ses capacités d'observation et de surveillance pour produire des connaissances scientifiques et des savoir-faire à valeur économique en réponse à des problématiques sociétales.

Établissement public à caractère industriel et commercial (ÉPIC), l'Ifremer est placé sous la double tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation et du ministère de la Transition écologique et solidaire. À travers une approche systémique, l'Ifremer participe à l'observation du milieu marin à toutes les échelles et à la compréhension des écosystèmes, des processus qui les régissent et des services auxquels ils contribuent, dans un contexte de changement global.

À ces fins, il conçoit et met en œuvre des infrastructures de recherche et de surveillance du milieu marin, des outils d'observation et d'expérimentation et gère des bases de données. Depuis le 1^{er} janvier 2018, l'Ifremer opère la flotte océanographique française au bénéfice de l'ensemble de la communauté scientifique.

L'Ifremer contribue aux stratégies nationale et européenne de recherche et d'innovation, par la production de :

- connaissances fondamentales ;**
- résultats plus finalisés en réponse aux questions posées par la société ;**
- résultats et technologies contribuant au développement socio-économique du monde maritime.**



SOMMAIRE



Éditorial de François JACQ

p. 2

L'ifremer en chiffres

p. 4

Organigramme

p. 5



2017 en images

p. 6

1. La politique scientifique

p. 8

2. En direct de la recherche

p. 12

3. Infrastructures de recherche et systèmes d'information

p. 32

4. La flotte océanographique française

p. 36

5. Partenariats européens et internationaux

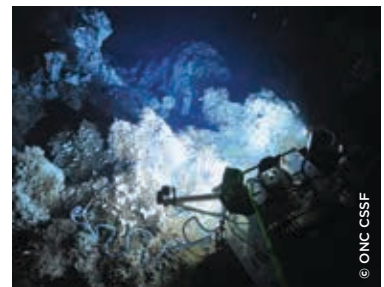
p. 44

6. Appui aux politiques publiques

p. 48

7. Valorisation et partenariats économiques

p. 52



8. Communication

p. 54

9. Accompagnement et soutien à la recherche

p. 56

10. Bilans financiers et comptables

p. 64

Annexes

p. 70



ÉDITO

DE FRANÇOIS JACQ

PRÉSIDENT-DIRECTEUR GÉNÉRAL

L'année 2017 a d'abord été une année de prise de recul, marquée par l'évaluation de l'institut par le Hcéres. Temps forts dans la vie d'un institut comme l'Ifremer, ces évaluations obligent à faire un pas de côté pour réfléchir sur nos pratiques, une condition *sine qua non* pour le maintien de notre créativité. Le rapport du comité d'évaluation nous renvoie une image positive et forte de l'institut avec un hommage à l'engagement de ses personnels, à sa reconnaissance internationale et à ses talents.

Il rejoint aussi notre analyse sur les voies de progrès possible : vigilance face à la dispersion, renforcement de l'innovation et de notre capacité à nous emparer des thèmes émergents. Nous nous sommes saisis de ce rapport et l'on verra qu'il est une source précieuse pour préparer l'avenir.

2017 aura aussi été une année de concrétisation avec diverses actions lancées depuis plusieurs années, qui portent aujourd'hui leurs fruits ou arrivent à leur terme.

Ainsi, le chantier de l'unification de la flotte océanographique, objet de débats depuis près de trente ans, a été mené à bonne fin.

Au 1^{er} janvier 2018, une direction de la flotte océanographique française sera en place, au sein de l'Ifremer, au service de toute la communauté scientifique intéressée. S'il reste désormais à faire vivre le nouveau dispositif, on peut se réjouir du travail accompli. Il donne désormais un cadre prometteur, source d'efficacité pour la flotte française. Le mérite en revient à tous ceux qui ont su, au sein des partenaires concernés, faire prévaloir l'intérêt général. À nous désormais de faire fructifier cet acquis, mais cette première étape doit nous rendre confiants.

Dans le cadre de ses missions d'appui aux politiques publiques, l'Ifremer a poursuivi son travail de concentration sur les domaines en forte synergie avec ses activités de recherche où sa valeur ajoutée est avérée, en lien étroit avec l'État, de manière à assurer un appui toujours plus performant. Cela s'est traduit en 2017 par la finalisation des modalités de gestion de la surveillance sanitaire.

2017 aura aussi été l'année du maintien de notre certification qualité et du passage à la nouvelle norme ISO 9001 : 2015. Cela ne peut que renforcer la rigueur dans la conduite de nos activités et l'anticipation des risques.

Les activités de l'institut se signalent aussi par une insertion renforcée dans les politiques de site et des succès associés : I-SITE MUSE, avec sa dimension marine affirmée en Occitanie, l'École universitaire de recherche (ÉUR) ISblue en Bretagne ; des succès notables dans le cadre du programme européen Horizon 2020 ; la relance de la coopération avec les instituts allemands AWI et Marum ; des partenariats

renforcés avec de jeunes entreprises, par exemple dans le domaine de l'énergie ; une politique scientifique vivace, y compris en Nouvelle-Calédonie avec la refonte du cadre de nos activités.

2017 a vu aussi l'entrée dans leur phase conclusive de deux chantiers majeurs : d'une part, le transfert du siège vers Plouzané, projet lourd pour les personnels concernés, dont le terme est prévu début 2019, sachant que l'institut aura ensuite à rebâtir ses services centraux ; d'autre part, la réorganisation de la sphère financière, pour doter l'institut d'un système de gestion conforme aux bonnes pratiques et aux exigences de l'État, après une année de mise en place complexe, comme souvent en de telles matières.

Enfin, 2017 aura été une année de réflexion et de préparation de l'avenir. L'océan est de plus en plus perçu comme un enjeu et une richesse. Ce qui était évident pour nous le devient pour les autres. À nous d'habiter ce mot d'ordre en le nourrissant des actions les plus pertinentes sur le court, le moyen et le long termes.

Le travail mené en 2017 a visé à préparer le projet d'institut pour les dix années à venir ; 2018 sera l'année de la concrétisation. L'Ifremer a l'ambition d'être l'institut national de référence pour les sciences et technologies de la mer. Il entend affirmer sa singularité et sa valeur ajoutée. Cette dernière passe par notre capacité à faire vivre un triptyque réunissant science, appui aux politiques publiques et innovation, en lien avec le monde économique. L'institut se doit à la fois d'être fidèle à son héritage, mais aussi ouvert sur le monde. C'est ce qui nous enrichira et nous rendra fort. Les évolutions engagées aujourd'hui visent à la fois à faire fructifier les acquis et à nous préparer au futur. Notre identité, c'est de nous réinventer en permanence. Les années à venir en seront la preuve, alors même que le besoin de connaissance des océans est plus aigu que jamais. ■

**L'institut se doit
à la fois d'être fidèle
à son héritage, mais aussi
ouvert sur le monde.
C'est ce qui nous enrichira
et nous rendra fort.**

L'IFREMER

EN CHIFFRES



142

DOCTORANTS
ENCADRÉS PAR DES
CHERCHEURS IFREMER



31

POST-DOCTORANTS



510

ARTICLES
SCIENTIFIQUES
PUBLIÉS EN 2017 ET INDEXÉS
PAR WEB OF SCIENCE



36

PROJETS EUROPÉENS
HORIZON 2020



158

AVIS ET EXPERTISES

200 M€

BUDGET 2017
(HORS OPÉRATIONS INTERNES)

1 480

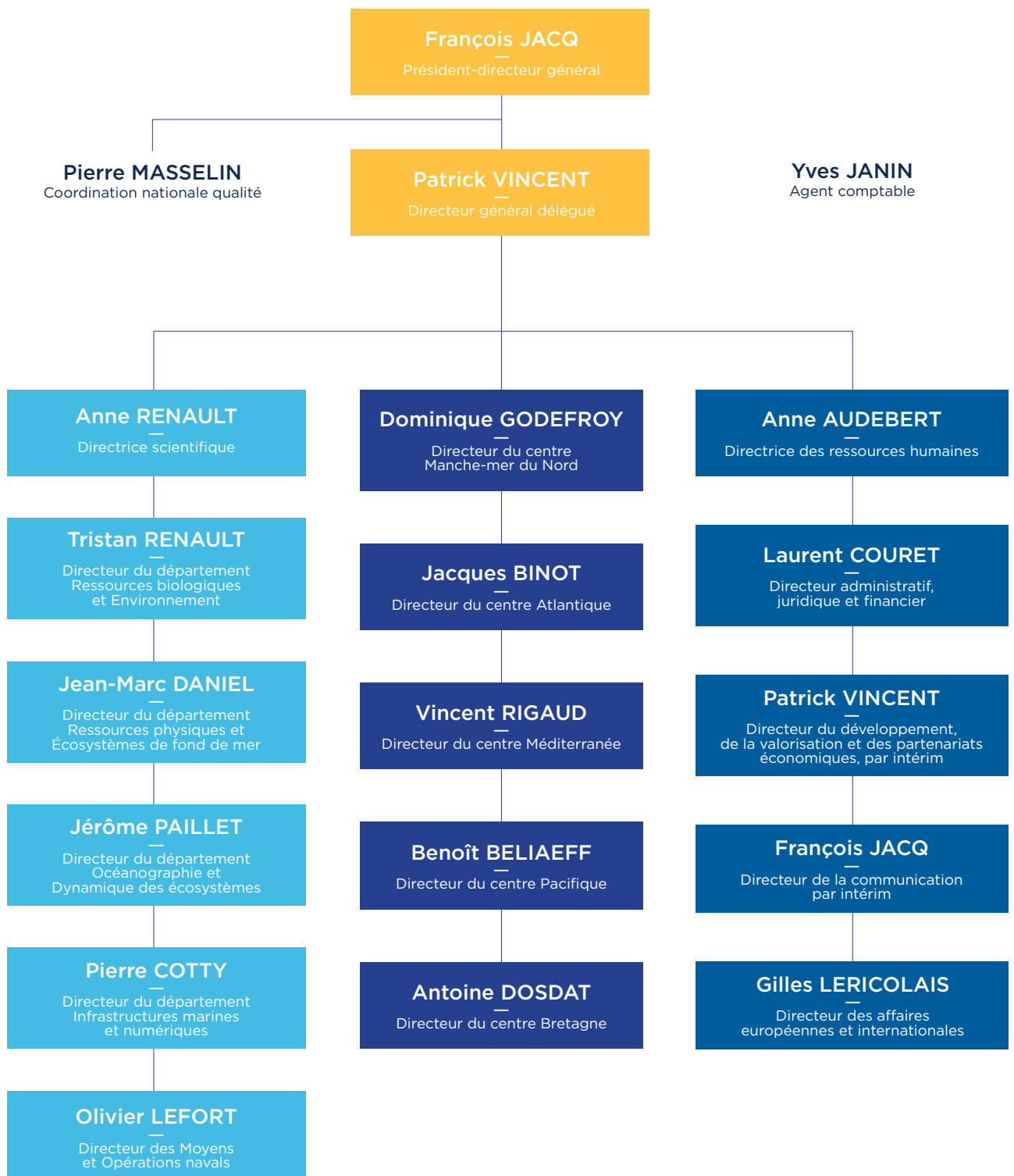
PERSONNES
DONT 1 100 CHERCHEURS
INGÉNIEURS ET TECHNICIENS

89

RECRUTEMENTS
EN 2017

ORGANIGRAMME

au 31 décembre 2017



2017

EN IMAGES



← MARS

HERMINE : UNE CAMPAGNE DE SERVICE PUBLIC pour explorer les richesses minérales des grands fonds

Dans le cadre du permis de quinze ans accordé en 2014 à la France par l'Autorité internationale des fonds marins pour l'exploration des sulfures polymétalliques, une équipe pluridisciplinaire de l'Ifremer embarque pendant quarante-cinq jours à bord du *Pourquoi pas ?* pour explorer les volcans sous-marins situés le long de la dorsale médio-Atlantique.

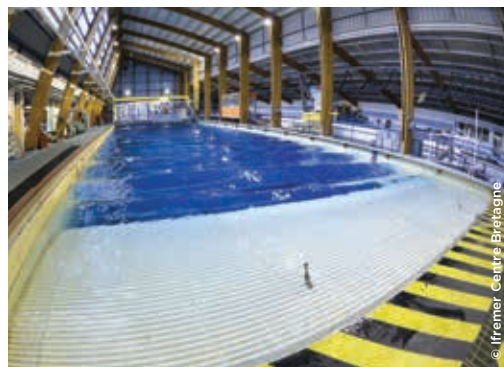


AVRIL



L'IFREMER ET CENTRALE NANTES unissent leurs moyens pour créer l'infrastructure de recherche THEOREM

THEOREM est conçue autour de la mise en réseau des moyens d'essais en ingénierie marine des deux établissements. À l'échelle européenne, l'objectif est de proposer aux organismes de recherche et aux industriels des moyens d'essais compétitifs pour leurs travaux de recherche et d'innovation sur les interactions entre structures et milieu océanique.



↓ MAI

SÉMINAIRE AWI-MARUM-IFREMER

Ce séminaire a donné lieu à un appel à projets communs lancé entre les trois organismes pour soutenir de nouvelles idées scientifiques partagées. Dix projets ont été déposés et deux d'entre eux sélectionnés (Télé-présence ; Effets du changement climatique sur les larves de poissons).



↑ JUIN

INAUGURATION DU SUPERCALCULATEUR DATARMOR, nouvelle infrastructure de calcul/ traitement de données marines

Localisé au centre Ifremer de Bretagne, Datarmor renforce les capacités de stockage et offre une puissance de traitement des données marines quinze fois supérieure au précédent calculateur.

↓ OCTOBRE

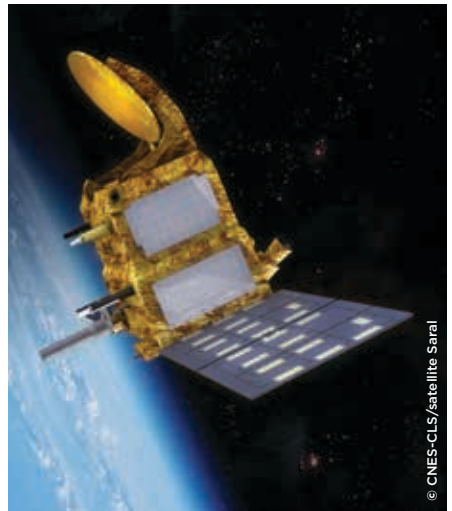
VISITE DE FRÉDÉRIQUE VIDAL, ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, sur le stand Ifremer lors de la Fête de la Science à Paris.



NOVEMBRE

13^È ASSISES DE L'ÉCONOMIE MARITIME, LE HAVRE

Intervention de François JACQ. La recherche océanographique : l'indispensable préalable au développement économique.



© CNES-CLS/Satellite Saral



© Marum-Ifremer Group



↑ DÉCEMBRE

SIGNATURE D'UN ACCORD-CADRE DE COLLABORATION avec CLS (Collecte Localisation Satellites)

le 15 décembre, afin de développer des coopérations dans les domaines de l'espace et des mesures aéroportées, de l'environnement, de l'énergie et des mines, des pêches et de la surveillance maritime.



© Ifremer-RREX-V Héroult

↑ SEPTEMBRE

« L'Océan À DÉCOUVERT »

Cet ouvrage est publié sous l'égide de l'Alliance nationale de recherche pour l'environnement (AllEnvi) et sous la direction scientifique de A. EUZEN, F. GAILL, D. LACROIX et P. CURY. Il présente un état des lieux de la recherche scientifique française sur les océans. Vingt-trois scientifiques de l'Ifremer y ont contribué.

CNRS éditions, 322 p.
Éditions française et anglaise.



À L'OCCASION DES TRENTE ANS DE LA CAMPAGNE OCÉANOGRAPHIQUE EVHOE,

une journée de restitution a été organisée pour faire le bilan du suivi des espèces vivant sur le fond ou liées au fond, leur diversité, leur abondance et l'évolution des écosystèmes du golfe de Gascogne et de la mer Celtique et proposer de nouvelles approches pour intégrer ces connaissances.

↑ JUILLET

CAMPAGNE RREX : mieux comprendre les courants marins pour mieux comprendre le climat

À bord de *L'Atalante*, une équipe de vingt-et-un scientifiques étudie les interactions entre la dorsale de Reykjanes, une gigantesque chaîne de montagnes sous-marines au milieu de l'Atlantique nord, et les courants marins, dont la dérive nord-atlantique. Ce courant est le prolongement du Gulf Stream dans cette région; il contribue à réguler le climat mondial.

1

LA POLITIQUE SCIENTIFIQUE

La politique scientifique de l'Ifremer a comme objectif principal de renforcer son positionnement dans le monde de l'enseignement supérieur et de la recherche. Elle contribue ainsi à la stratégie définie pour l'institut et se traduit par des actions qui doivent permettre, en interne, d'insuffler, de coordonner et d'animer les activités scientifiques et d'accroître le réseau de collaborations de l'institut.

En 2017, l'institut a poursuivi ses efforts en matière de recrutement de doctorants et de post-doctorants, de soutien à la mobilité internationale de ses doctorants ainsi qu'à l'accueil de chercheurs étrangers au sein de ses équipes. Des projets de politique de site, visant à renforcer les collaborations avec les organismes du même site géographique, ont également été soutenus.

L'année 2017 a également été marquée par l'évaluation par le Hcéres et le lancement de la « réflexion stratégique » dans le cadre de la préparation du futur contrat d'objectifs État-Ifremer 2019-2023.

Enfin, parmi les projets structurants, soulignons le succès de l'ÉUR ISblue, portée par l'université de Bretagne occidentale (UBO), et de l'I-SITE MUSE de l'université de Montpellier et, concernant l'outre mer, de la refonte du projet scientifique de l'unité Ifremer implantée en Nouvelle-Calédonie.

Évolution et priorités de la politique scientifique

L'équipe de la direction scientifique a été en grande partie remaniée en 2017, avec notamment l'arrivée d'une nouvelle directrice, Anne RENAULT, issue du CNRS.

La direction scientifique a contribué à la réalisation des activités récurrentes de politique scientifique (notamment recrutement de doctorants et post-doctorants, soutien à la mobilité, politique de site), tout en développant de nouveaux outils pour faire émerger des projets à caractère exploratoire favorisant la prise de risques et le lancement de collaborations inédites sur des thèmes issus des grands enjeux de demain pour l'Ifremer.

Deux appels à projets importants

Deux nouveaux appels à projets ont ainsi été lancés :

- "Inter Centres" ayant pour but de développer de nouvelles dynamiques entre les unités des centres Ifremer et de favoriser des collaborations sur des questions émergentes,
- "Colloques" qui soutient l'organisation d'ateliers et de colloques pour mieux structurer les communautés et rassembler les chercheurs de disciplines différentes.

À l'avenir, ces orientations vont être développées en interne, autour du contenu des appels à projets et des profils de recrutements de chercheurs et ingénieurs. En externe, les grandes orientations consisteront à renforcer le positionnement de l'institut en matière de partenariats sur certains sites et en un choix stratégique de ses participations aux GIS, GDR et aux grands programmes nationaux, européens et internationaux. En parallèle, il sera essentiel de concevoir et mener des actions permettant de rendre l'institut encore plus visible et reconnu aux niveaux national et international par une augmentation du taux de succès auprès des « guichets » les plus pertinents (Europe, ANR, grands programmes internationaux). ■



Filtration d'eau de mer pour le suivi pluriannuel des communautés microbiennes en zone littorale

© Ifremer/O. Dugormay

L'évaluation Hcéres de l'institut

L'évaluation de l'Ifremer par le Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (Hcéres) s'est déroulée en deux étapes :

- la production d'un rapport d'auto-évaluation par l'institut le 1^{er} octobre 2016;
- l'évaluation par un comité d'experts au premier trimestre 2017.

La période du contrat d'objectifs en cours (2014-2018) a été marquée par des chantiers de grande ampleur : la consolidation des activités scientifiques et des partenariats ; la clarification des activités en matière d'appui à la puissance publique ; l'évolution du réseau territorial ; l'évolution profonde de la flotte océanographique ; la refonte des systèmes de gestion financière et de gestion des ressources humaines, avec un effort de rationalisation et de rigueur accrue ; et, enfin, le transfert du siège qui pèse fortement sur toutes les activités.

Le rapport d'évaluation, publié en juin 2017, souligne les actions engagées depuis la précédente évaluation, en 2013. Il note la trajectoire d'évolution sur laquelle se place l'institut et confirme la pertinence des choix opérés. ■ ■ ■



510

ARTICLES PUBLIÉS EN 2017
indexés par Web of Science



9

L'IFREMER EST PARTENAIRE
de neuf unités mixtes
de recherche (UMR) et tutelle
de huit d'entre-elles



142

DOCTORANTS
encadrés par
des chercheurs Ifremer
(dont 84 doctorants salariés)



31

POST-DOCTORANTS
(dont 25 salariés de l'Ifremer)

Points forts

Ainsi, plusieurs points forts ont été relevés pour l'Ifremer, dont :

- son excellente notoriété en France et à l'international ;
- son excellence technologique, avec des infrastructures performantes et de référence ;
- son rôle d'acteur incontournable des politiques publiques en milieu marin ;
- la dynamique de partenariats qui se consolide et s'inscrit dans les politiques de site ;
- les avancées sur le dossier de la flotte océanographique, avec la clarification du rôle confié à l'Ifremer ;
- le développement d'un dialogue social constructif au sein de l'institut.

Pistes d'amélioration

Des faiblesses ont également été identifiées et ont donné lieu aux recommandations suivantes :

- mieux prioriser les missions de l'institut en fonction des moyens à sa disposition pour s'assurer de la viabilité des actions ;
- renforcer le pilotage de la stratégie scientifique afin de se saisir des champs émergents ;
- pallier les fragilités organisationnelles, notamment en lien avec le transfert du siège social vers Brest ;
- clarifier le rôle et le positionnement de l'institut dans le débat sociétal.

Ces recommandations rejoignent en grande partie les constats du rapport d'auto-évaluation ; elles permettront de nourrir le travail déjà amorcé pour préparer l'avenir. ■

Investissements d'Avenir

Le Programme d'investissements d'avenir (PIA) a pour vocation de promouvoir l'excellence de la recherche et de l'enseignement supérieur français. Depuis 2017, l'Ifremer est notamment impliqué dans les projets ISblue et MUSE.

ISblue, lauréat du troisième volet du PIA

Le projet de l'École universitaire de recherche (EUR) dédiée à la mer, porté par l'université de Bretagne occidentale (UBO), a été retenu et sera donc financé sur une période de dix ans. La création d'ISblue (*Interdisciplinary graduate school for the blue planet*) intègre également la prolongation du financement du LabExMER* pour dix années supplémentaires.

Son programme de recherche comporte cinq thèmes : la régulation du climat par l'océan, les interactions entre la Terre et l'océan, la durabilité des systèmes côtiers, l'océan vivant et les services écosystémiques, ainsi que les systèmes d'observation à long terme. Il s'agit de repousser les frontières de la connaissance par la mise en place de projets de recherche interdisciplinaires, l'accueil de post-doctorants internationaux, de chaires et de professeurs invités et un soutien aux actions à la mer, dans la continuité des actions initiées par le LabExMER.

Le programme de formation est interdisciplinaire (allant du droit à l'ingénierie), étroitement lié à la recherche et attractif pour les meilleurs étudiants français et internationaux, tout en proposant de nouveaux cursus (tourisme côtier, science des données océaniques). Les étudiants en formation initiale et continue pourront construire leur propre voie d'apprentissage. Un apprentissage par projets sera proposé pour les étudiants des universités et des écoles d'ingénieurs, en forte interaction avec des partenaires socio-économiques.

L'Ifremer, déjà présent au sein du LabEx MER en tant que membre fondateur, participera activement à ISblue dans les domaines visés par les thèmes de l'EUR. Ce projet impliquera également, aux côtés de l'UBO, du CNRS et de l'IRD, une partie des laboratoires associés aux écoles d'ingénieurs IMT-Atlantique, l'ÉNSTA Bretagne, l'ÉNIB, ainsi que l'École navale.

MUSE, lauréat du deuxième volet du PIA

Dans le cadre de l'appel à projets I-SITE (initiative Science, innovation, territoires, économie), l'Ifremer est notamment impliqué dans le projet MUSE, porté par l'université de Montpellier. MUSE regroupe une dizaine d'organismes de recherche (dont l'Ifremer), des écoles d'enseignement supérieur et établissements de santé, soit près de 6 000 scientifiques, dans les domaines de la sécurité alimentaire, de la gestion durable des ressources naturelles et des écosystèmes et de l'amélioration des traitements des maladies infectieuses émergentes, des maladies chroniques ou des cancers.

L'Ifremer et ses partenaires des UMR Interaction hôtes-pathogènes-environnement (IHPE) et *Marine Biodiversity, Exploitation and Conservation* (Marbec), membres du LabEx Centre méditerranéen Environnement et Biodiversité (CeMEB), sont associés à ce projet, sur les thématiques de la protection et de l'exploitation des ressources biologiques marines. ■



* LabExMER : laboratoire d'excellence ayant pour objectif de renforcer les connaissances et la compréhension du fonctionnement de l'océan, constitué de sept partenaires : l'UBO, l'UBS, l'université de Nantes, le CNRS, l'IRD, Centrale Nantes et l'Ifremer



Préparation du projet d'institut

L'institut a commencé en 2017 la préparation de son futur contrat d'objectifs (2019-2023). Cette préparation passe par une réflexion sur le « projet d'institut » pour les dix années à venir.

Divers groupes de travail ont été lancés pour définir les orientations à l'horizon 2030 :

- les « domaines d'excellence » de l'Ifremer : l'océan profond, les processus littoraux et côtiers, les bioressources marines et les processus océaniques régulateurs du climat ;

- les "défis" : l'évolution des organismes vivants, l'océan numérique, les futures observations et modélisations pour demain ;
- les « axes transversaux » à l'institut : prospective, innovation, systèmes d'information et bases de données, dialogue science et société.

Lancée en juin 2017, cette réflexion a pour objectif un aboutissement à l'automne 2018. Les travaux préparatoires avec les tutelles, qui accompagneront en parallèle l'établissement du contrat débiteront au printemps 2018.

Interview

Benoît BELIAEFF

Directeur du centre Ifremer Pacifique



Quels sont les secteurs concernés par le nouveau projet scientifique en Nouvelle-Calédonie ?

— L'aquaculture et l'environnement du lagon de Nouvelle-Calédonie et de ses récifs d'une biodiversité exceptionnelle sont les deux secteurs visés par ce projet qui s'étend sur quatre ans (2017-2021), dans une perspective de développement économique et de protection de l'environnement.

Les enjeux majeurs de l'aquaculture dans cet archipel du Pacifique sont, d'une part, la « durabilité » de l'élevage de crevettes (*Litopenaeus stylirostris*), deuxième produit à l'export (environ 1500 tonnes par an) loin derrière le nickel et, d'autre part, l'émergence d'une filière de production de micro-algues. Ils s'articulent avec un autre enjeu majeur, celui de la préservation de l'environnement marin du lagon de Nouvelle-Calédonie, qui est inscrit au Patrimoine mondial de l'Unesco depuis 2008 et reste soumis à diverses pressions anthropiques (tourisme, pêche, apports terrigènes, urbanisation, eaux usées). Il est donc crucial de concilier la préservation de ces espaces naturels remarquables de l'archipel néo-calédonien avec le développement d'activités marines.

Quelles en sont les grandes lignes ?

— Le projet proposé par l'Ifremer, en réponse aux objectifs de développement durable de l'aquaculture (Ressac : Ressources et systèmes aquacoles en

Nouvelle-Calédonie) a pour objectif de faire face à la vulnérabilité des systèmes aquacoles exposés aux aléas climatiques parfois cycloniques et autres risques environnementaux et, par ailleurs, fortement dépendants des intrants (alimentaires pour l'élevage).

Le projet Ressac est centré principalement sur l'élevage de crevettes. L'objectif est l'amélioration sanitaire et l'augmentation de la production des élevages ou cultures par : la définition d'indicateurs de santé et de performance des animaux élevés ; la caractérisation du potentiel des micro-algues, notamment fourrager, déjà sélectionnées dans un précédent projet (Amical) ; l'étude de l'activité de bactéries probiotiques dans ces cultures, par la compréhension de leurs interactions avec l'hôte (crevette ou poisson d'élevage), son environnement (en éclosérie ou en bassin) et les agents pathogènes (virus, bactéries...) susceptibles d'être présents. Une attention particulière sera portée à la production en éclosérie de post-larves de crevettes, fortement affectées par des taux importants de mortalité ces dernières années, ce qui limite la production ultérieure de crevettes en bassins.

Le deuxième axe - environnemental - de la recherche menée par l'Ifremer est focalisé sur la description des pressions s'exerçant sur les écosystèmes lagunaires de Nouvelle-Calédonie (projet Présence), avec comme objectifs majeurs : l'étude des différentes pressions dues au développement, tels que les apports terrigènes liés à la dévégétalisation ; la compréhension du rôle des interfaces océan-lagon et terre-lagon sur la structuration hydrologique du lagon et enfin l'intégration de ces connaissances pour mieux apprécier l'impact de ces pressions sur l'état de l'écosystème.

Quels sont nos partenaires ?

— Les collectivités territoriales de la Nouvelle-Calédonie (provinces Sud et Nord) et le gouvernement de la Nouvelle-Calédonie - tous signataires de l'accord-cadre entre la Nouvelle-Calédonie et l'institut sur la période 2017-2021 - co-financent les projets Présence et Ressac. L'activité de recherche sur les micro-algues se déroule au sein du laboratoire d'études des micro-algues (LEMA) de la Technopole, géré par l'agence de développement économique de la Nouvelle-Calédonie (Adec). Par ailleurs, vingt chercheurs et techniciens de l'Ifremer collaborent avec l'université de la Nouvelle-Calédonie, l'IRD et, en métropole, avec des laboratoires de l'Ifremer dont celui de Physiologie et biotechnologie des algues (PBA) à Nantes et les personnels intégrés à l'UMR Biologie intégrative des modèles marins, à Roscoff.

A large school of blue fish, likely tuna, swimming in clear blue water. The fish are densely packed and moving in various directions, creating a sense of dynamic movement. The lighting is bright, highlighting the scales and fins of the fish.

2

**E N D I R E C
D E L A R E**

—



T C H E R C H E

14

**Dynamique de l'océan
et de la vie marine**

26

**Ressources
et écosystèmes
des grands fonds
océaniques**

20

**Ressources biologiques
et environnement**

Dynamique de l'océan et de la vie marine

L'observation et la compréhension de la dynamique du milieu marin est un axe majeur pour l'Ifremer, répondant à différents enjeux sociétaux. Il s'agit notamment d'évaluer l'influence du changement climatique sur l'océan et le rôle de régulation que ce dernier joue sur le climat et de comprendre les interactions océan-atmosphère dans une perspective d'amélioration des prévisions océanographiques et météorologiques. En outre, l'institut poursuit ses travaux sur la dynamique des écosystèmes côtiers et littoraux et en particulier leurs réponses aux influences anthropiques, qu'elles soient directes et localisées ou plus globales.

Phénomènes extrêmes océaniques

L'année 2017 a été marquée par un nombre inhabituel de cyclones très intenses dans les Caraïbes. Si d'importants progrès ont déjà été accomplis, de nombreux défis, notamment scientifiques, demeurent pour mieux comprendre l'occurrence, l'intensité et les impacts associés à ces événements extrêmes.

Comprendre les interactions océan/atmosphère

Au sein du projet Ifremer Orpheo, en collaboration avec de nombreuses équipes nationales et internationales, le laboratoire d'océanographie physique et spatiale (LOPS) se concentre à la fois sur l'interprétation quantitative des observations et sur la compréhension des processus d'interactions océan/atmosphère guidant les évolutions de ces systèmes. Cela passe par la combinaison d'observations de différents types (télédétection spatiale et *in situ*) avec différentes approches de modélisation. Récemment, à partir de nouveaux algorithmes qui bénéficient des capacités accrues des capteurs satellitaires actuels, de premières analyses confirmant le caractère exceptionnel de cette saison cyclonique ont pu être fournies très rapidement.

Structure des vents des cyclones

Cette année a coïncidé avec la fin du projet SMOS-Storm, mené en partenariat avec l'Agence spatiale européenne (ESA). Dans ce cadre, l'utilité des mesures micro-ondes de télédétection passive a été confirmée pour la caractérisation de la structure des vents dans les cyclones.

+ Couplage vagues, atmosphère, océan

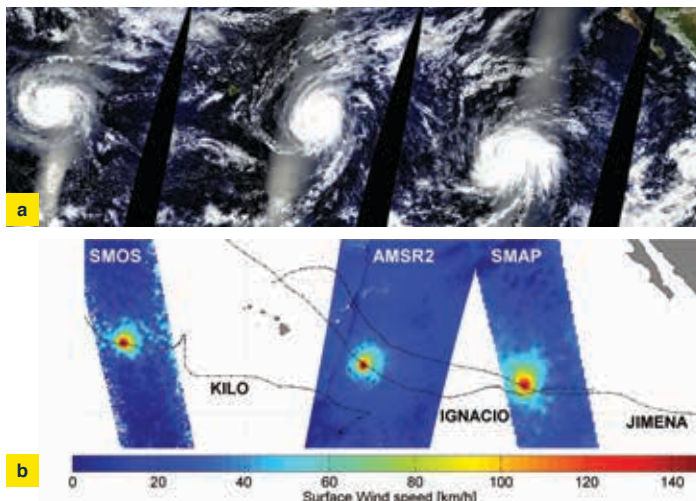
Des études numériques sont aussi menées afin d'ouvrir le champ des investigations et de mieux préciser l'apport du couplage entre vagues, atmosphère et océan. En partenariat avec l'université de La Réunion, le CNRS, Météo-France et l'IRD, l'Ifremer a participé à la mise en place de modèles couplés océan-atmosphère-vagues sur les bassins des océans Indien et Pacifique Sud. Cela a conduit à une meilleure représentation de la structure spatiale des vagues, des embruns dans le cyclone et des surcotes induites. Vingt ans de simulations réalisées démontrent que l'intensification des cyclones et leur réponse océanique sont mieux reproduites en prenant en compte l'ensemble de ces interactions.

Dans le cadre d'une thèse financée par l'Ifremer et en partenariat avec le centre européen de météorologie (ECMWF), des travaux évaluent les sensibilités du modèle à la paramétrisation du couplage atmosphère-vagues, sur la base de comparaisons avec différentes observations disponibles (satellites, bouées et plateformes). Ils montrent que les vents forts (20-40 mètres par seconde) modélisés sont sous-estimés et qu'une paramétrisation plus adaptée réduit ce biais. Cela met également en évidence des différences entre les observations, associées à la difficulté de définir une référence terrain pour les vents forts, soulignant ainsi les efforts restant à accomplir dans l'interprétation des données.

La capacité d'observation de SMOS est illustrée par les images ci-dessous, pour la seule journée du 29 août 2015, lorsque trois cyclones tropicaux (Kilo, Ignacio et Jimena) co-existaient dans le bassin Pacifique, par la carte de vents issue de l'analyse de température de brillance émise par la surface et captée par le radiomètre de SMOS. Ces travaux ont prouvé qu'il était possible de combiner des mesures micro-ondes passives issues de différentes missions spatiales (européenne, japonaise, américaine) pour réaliser une description unique de l'évolution de chaque cyclone.

Observer les cyclones par satellite

En outre, depuis 2016, le LOPS pilote une campagne dédiée à l'observation des cyclones tropicaux par satellite, SHOC (*Satellite Hurricane Observations Campaign*) à ultra haute résolution (< 1 km), via le radar imageur de la mission européenne Sentinel-1. Cette mission a la capacité de déduire le vent de surface, à partir de l'analyse des échos radars, en utilisant les nouvelles propriétés de polarisation de l'instrument, permettant ainsi une meilleure caractérisation de l'intensité des cyclones. Les vitesses de vent de surface peuvent ainsi être estimées jusqu'à plus de 75 mètres par seconde (soit 270 kilomètres par heure). Ces travaux permettent de mettre en place une nouvelle stratégie d'acquisition adaptée pour les missions opérationnelles Sentinel-1 du programme Copernicus. En complément, le LOPS a participé à l'édition 2017 des campagnes aéroportées de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), menées dans les cyclones extra-tropicaux au moyen d'avions instrumentés, en planifiant des vols concomitants avec les acquisitions des satellites d'intérêt. ■



(a) Image composite issue de l'instrument Modis montrant les structures nuageuses lorsque trois cyclones tropicaux (Kilo, Ignacio et Jimena) co-existaient dans le bassin Pacifique, le 29 août 2015 ;
(b) La vitesse du vent de surface (km par heure) est restituée, à partir des données de température de brillance (émise par la surface) captées par des radiomètres micro-ondes des satellites SMOS, AMSR-2 et SMAP (parcours du centre des cyclones en noir)

Mouche A. et al., 2017. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55(12), 6746 - 6755. <http://doi.org/10.1109/TGRS.2017.2732508>

Stopa J. et al., 2017. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10(5), 2147-2155. <http://doi.org/10.1109/JSTARS.2016.2609101>

Les micro-algues toxiques et la ciguatera

La ciguatera, aussi appelée la gratte, est une intoxication affectant les consommateurs de poissons ou mollusques gastéropodes ayant eux-mêmes consommé des micro-algues de type dinoflagellés et plus spécifiquement du genre *Gambierdiscus*, producteur de ciguatoxines (CTX) et maïtotoxines (MTX).

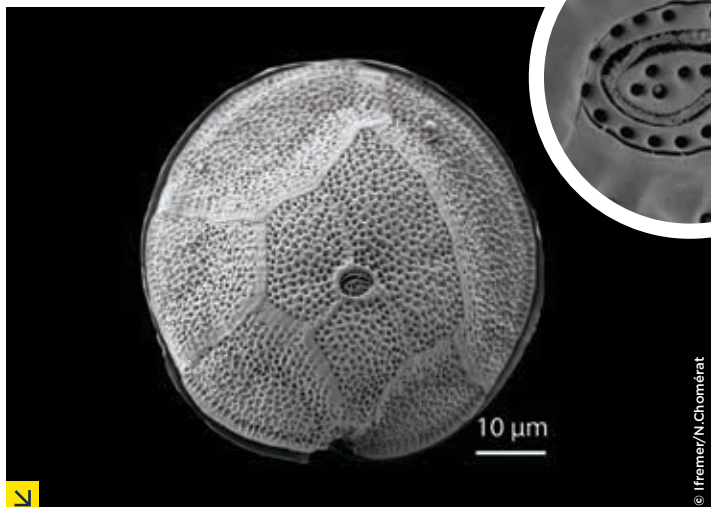
Ce syndrome, de type gastro-entérique et neurologique, se manifeste chez l'Homme quelques heures après la consommation de poissons ou mollusques contaminés et certains effets peuvent perdurer des années. Les toxines CTX et MTX sont toxiques à très faibles doses (< 1 microgramme par kg) ; elles s'accumulent dans les poissons et se transforment en des formes plus toxiques le long de la chaîne alimentaire : elles constituent donc un défi majeur pour la santé publique.

Alors que ces intoxications étaient pendant des siècles limitées aux zones tropicales, le changement global entraîne une expansion géographique de cette micro-algue en dehors des tropiques, notamment aux îles Canaries. La Commission océanographique intergouvernementale (COI, Unesco) a initié une stratégie internationale de recherche sur la ciguatera, pilotée depuis 2016 par l'Agence internationale de l'énergie atomique, l'Institut Louis Malardé de la Polynésie française et l'Ifremer.

Deux études financées par l'Ifremer, la NOAA et la région des Pays de la Loire (en collaboration avec des scientifiques espagnols, japonais, américains et brésiliens) ont permis de cribler la toxicité de quarante-quatre souches appartenant à treize espèces des genres *Gambierdiscus* et *Fukuyoa*¹. C'est l'espèce *Gambierdiscus excentricus* qui a produit le plus de toxines en culture, à la fois du type CTX et du type MTX. Décrite en 2011, elle n'a pas été détectée dans l'océan Pacifique ou Indien. Une approche combinant des essais de culture et l'usage de la spectrométrie de masse à haute résolution a permis d'identifier l'une des toxines responsables de sa toxicité, la maïtotoxine-4 (MTX4), un analogue de la maïtotoxine². Huit souches de cette espèce ont été obtenues à travers l'Atlantique (Canaries, Caraïbes et Brésil) et toutes produisent MTX4, ce qui suggère une homogénéité du profil toxinique de cette espèce à travers l'océan Atlantique. Malgré la croissance lente de *G. excentricus* en culture, la forte production de toxines de cette espèce indique qu'elle est probablement un des contributeurs les plus importants à la ciguatera en Atlantique, y compris aux Antilles françaises. L'analyse approfondie de ces micro-algues conduit à suspecter la présence d'autres toxines, qui devront être isolées et décrites afin de déterminer la toxicité précise de ces micro-organismes. ■

1. Litaker et al., 2017. *PLOS One* 12(10): e0185776
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185776>

2. Pisapia et al., 2017. *Marine Drugs*, 15(7): 220.
<https://doi.org/10.3390/md15070220>



Micro-algue *Gambierdiscus* sp. productrice de toxines à l'origine de la ciguatera, vue en microscopie électronique à balayage



Récif corallien et image hyperspectrale montrant l'évolution de la couverture corallienne avec des zones de dégradation en rouge et d'amélioration en bleu

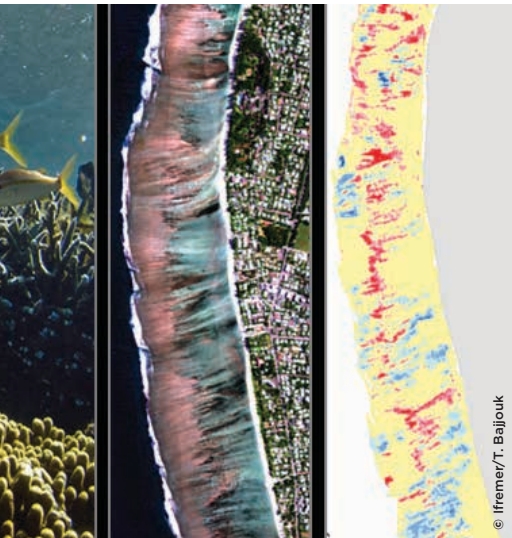
Les récifs coralliens évalués par imagerie hyperspectrale

Les récifs coralliens des régions inter-tropicales font partie des écosystèmes marins les plus riches (25 % de la biodiversité marine) mais aussi les plus vulnérables. À l'échelle mondiale, on estime que seulement 30 % demeurent dans un état satisfaisant (Ifremer). Ainsi, l'acquisition des connaissances sur ces écosystèmes et leur suivi constituent un enjeu majeur dans le contexte du changement global et de l'acidification des océans.

À La Réunion, où le récif étroit subit de nombreux impacts des activités humaines, le suivi local, station par station, mené dans le cadre du *Global Coral Reef Monitoring Network* (GCRMN), ne permet pas de tenir compte des fortes hétérogénéités spatiales qui caractérisent ces écosystèmes récifaux. C'est dans ce contexte que l'Ifremer a développé, avec divers partenaires académiques et institutionnels, une nouvelle approche spatiale fondée sur l'imagerie aéroportée.

Combiner plusieurs capteurs pour de meilleurs résultats

En effet, la combinaison d'un capteur en télédétection (aéroporté) et optique (une caméra munie de capteurs hyperspectraux placée sur le récif) mesurant de manière continue dans l'ensemble du spectre lumineux offre de nouvelles oppor-



tunités grâce à leur richesse spectrale et leur résolution spatiale. La bathymétrie et le taux de recouvrement corallien ont ainsi été mieux estimés, en proposant un indice « spatialisé » (par pixel) de l'état de santé dit « vitalité corallienne hyperspectrale ». Il est alors possible de mieux tenir compte de cette variabilité spatiale dans l'évaluation de l'état de l'ensemble de la plateforme récifale. Les acquisitions réalisées en 2009 et 2015 évaluent les changements qui se sont opérés sur une période de cinq ans, tant pour le recouvrement et la vitalité corallienne que pour la géomorphologie des fonds, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour le suivi opérationnel à large échelle.

Les traitements étant limités dans un premier temps aux seuls récifs du lagon, de récentes études ont apporté une nette amélioration, permettant d'estimer la bathymétrie jusqu'à 25 mètres de profondeur ainsi que l'abondance des principaux types de fond jusqu'à 10 mètres.

Aujourd'hui, l'Ifremer élargit l'usage de l'imagerie hyperspectrale pour appréhender d'autres questions de recherche, telles qu'une meilleure compréhension de la structure du réseau trophique associé aux espèces ingénieurs ou encore la caractérisation de la dynamique spatio-temporelle des herbiers en lien avec les facteurs de pression anthropique et naturelle. ■

Petit T. et al., 2017. *Remote Sensing of Environment*, 190, 348-365.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.01.004>



In Memoriam

Fabienne GAILLARD : une vie tournée vers les océans

Fabienne GAILLARD nous a quittés en 2017. Elle a fait partie de l'aventure du laboratoire de physique des océans (LPO) depuis son origine et en avait assuré la direction adjointe entre 2008 et 2011. Elle fut au sein de ce laboratoire une personnalité particulièrement marquante par sa rigueur scientifique et son investissement au service de la communauté, témoignant d'un engagement personnel remarquable. Son activité de recherche portait sur la variabilité climatique, le contenu thermique des océans et le cycle de l'eau.

À son arrivée, Fabienne GAILLARD avait rejoint l'équipe de tomographie acoustique des océans. L'un des derniers articles auxquels elle a contribué revisite notamment les données des campagnes Cambios, dont elle a été chef de mission en 1997 et 1998, et s'intéresse à la détection, au moyen de méthodes acoustiques, des eaux méditerranéennes qui s'écoulent dans l'Atlantique par le détroit de Gibraltar.

Fabienne GAILLARD a développé, pendant ces dix dernières années, ISAS (*In Situ Analysis System*), un outil de traitement de données permettant de projeter les mesures *in situ* sur une grille régulière et de leur affecter une barre d'erreur statistique. Cet outil est devenu essentiel pour synthétiser les champs de température et de salinité *in situ* fournis par le réseau global Argo depuis bientôt vingt ans : une contribution majeure au projet Argo et pour la compréhension de la variabilité de l'océan global.

En 2016-2017, des résultats scientifiques fondamentaux ont été obtenus grâce à la version la plus aboutie d'ISAS : ils concernent l'impact de la variabilité interannuelle d'El-Niño sur le contenu de chaleur de l'océan global. Pour la première fois, la forte empreinte de cette variabilité interannuelle est démontrée dans les

régions subtropicales de l'océan Austral. Ces travaux traduisent également la volonté de Fabienne, consciente de l'impact scientifique des produits ISAS, de diffuser cet outil auprès d'une très large communauté d'océanographes et de climatologues.

Bien que les activités scientifiques de Fabienne GAILLARD dédiées aux produits de données *in situ* constituent un legs de première importance, elles ne se limitaient pas à cet aspect. On retiendra aussi qu'elle fut précurseur dans la mise en place de l'infrastructure de recherche numérique Odatis dédiée aux données océaniques, et plus largement qu'elle aura marqué de son empreinte l'activité des équipes d'océanographie de l'institut et de ses partenaires.

Dushaw B.D. et al., 2017. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122(11), 8983-9003.
<https://doi.org/10.1002/2017JC013356>

Gaillard F. et al., 2016. *Journal of Climate*, 29(4), 1305-1323
<https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0028.1>



Modélisation des écosystèmes lagunaires méditerranéens

Situées à l'interface entre mer et continent, les lagunes côtières méditerranéennes ont été soumises à d'importants apports de nutriments pendant des décennies, ce qui a conduit à l'eutrophisation (déséquilibre du milieu lié à l'apport en excès de substances nutritives) de ces écosystèmes vulnérables. En réponse aux récentes réglementations environnementales, certaines lagunes ont fait l'objet d'actions de gestion visant à réduire ces apports.

Aujourd'hui, la question qui se pose pour ces milieux en phase de restauration porte sur les charges en nutriments qu'ils peuvent tolérer, en garantissant à la fois le bon état écologique selon la directive cadre sur l'eau (DCE) et une productivité compatible avec le maintien des usages, notamment conchylicoles.

La démarche mise en œuvre pour proposer des outils opérationnels d'aide à la gestion de ces milieux est fondée sur la recherche des échelles spatiales et temporelles adaptées pour décrire au mieux le fonctionnement de ces systèmes complexes.

Le modèle MARS-3D est utilisé pour définir des descripteurs hydrodynamiques sur les lagunes : l'indicateur volume de mélange permet de localiser d'éventuelles frontières hydrodynamiques au sein d'une lagune et détermine le temps nécessaire pour les franchir. Ces frontières, à l'origine de l'hétérogénéité des masses d'eau (en particulier par le changement de salinité dû aux échanges entre mer et étang et la modification des apports d'eau douce), séparent la lagune en « boîtes physiques », dont les caractéristiques morphologiques sont connues. Le volume de mélange renseigne également sur le temps caractéristique des processus de mélange.

Un modèle d'écosystème, en boîtes physiques interconnectées au sein desquelles les interactions entre les principaux compartiments biogéochimiques sont décrites, a ainsi pu être construit sur la lagune de Bages-Sigean (4 000 hectares). Cet outil a été soumis à des méthodes d'analyse de sensibilité globale afin d'une part, d'identifier les processus qui engendrent la plus forte variabilité, et d'autre part, de fournir les valeurs des indicateurs d'état de la colonne d'eau et

du phytoplancton selon les critères de la DCE, en leur associant une incertitude qui intègre celles opérant sur les forçages et sur les paramètres du modèle.

Ce modèle est maintenant en cours de développement sur la lagune de Thau afin d'intégrer le compartiment « huîtres », via un modèle bioénergétique, adapté à cette lagune exploitée par les conchyliculteurs. Il sera utilisé pour mieux comprendre le fonctionnement de cet écosystème : quels sont les facteurs de son retour progressif vers le bon état écologique ? ■

Fiandrino A. et al., 2017. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 132-144.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.006>



Lagune méditerranéenne de Sigean

La question qui se pose pour ces milieux en phase de restauration porte sur les charges en nutriments qu'ils peuvent tolérer, en garantissant à la fois le bon état écologique et une productivité compatible avec le maintien des usages, notamment conchylicoles.

Interview

Stanislas DUBOIS

Laboratoire d'écologie benthique côtière, Ifremer



Tubes construits par les hermelles
©Ifremer/S.Dubois

Que sont les hermelles ?

— Les hermelles (*Sabellaria alveolata*) sont des vers marins très courants en Europe et, en particulier, en France. Ils vivent dans des tubes qu'ils construisent en agglomérant des grains de sable et des fragments de coquillages pour former des récifs sur l'estran, parfois sur plusieurs dizaines d'hectares. Cette espèce-ingénieur modifie l'environnement immédiat et crée un habitat naturel unique, dit biogénique, d'importance écologique. À ce titre, les récifs d'hermelles sont protégés par plusieurs directives européennes.

Pourquoi votre laboratoire s'intéresse-t-il à cette espèce en particulier ?

— Cette espèce est soumise à une forte pression humaine : ses récifs sont détruits ou piétinés car ils s'étendent largement sur des hauts lieux de pêche à pied, comme en baie du Mont-Saint-Michel, ou à la merci de passages occasionnels de tracteurs pour les activités conchylicoles proches. Nous sommes régulièrement sollicités par des gestionnaires d'espaces naturels qui souhaitent un éclairage scientifique sur la dynamique et sur l'état de santé de ces récifs.

De plus, nous utilisons cette espèce comme modèle d'étude pour comprendre le rôle écologique des espèces-ingénieurs dans le fonctionnement des écosystèmes.

Quelles sont vos dernières avancées scientifiques dans le cas des récifs d'hermelles ?

— Nous avons montré que les récifs d'hermelles abritent et attirent d'autres espèces, créant ainsi des îlots de biodiversité. En raison de la structure tridimensionnelle de leurs constructions, les hermelles modifient la matière organique ou même la température du sédiment. Ces récifs jouent également un rôle de piège pour les sédiments marins et protègent localement la côte de l'érosion.

Enfin, les récifs d'hermelles sont de véritables filtres biologiques avec parfois 30 000 individus filtreurs par mètre carré. Ces vers servent aussi de nourriture aux crabes et poissons de l'estran.

Toute la structure du réseau trophique peut donc être modifiée par le travail d'ingénierie de cette espèce, qui est capable d'influencer localement les régimes alimentaires des espèces benthiques.

Ces résultats s'appliquent-ils à toutes les espèces ingénieurs ?

— Oui, pour beaucoup. Nous développons des indices de « diversité fonctionnelle ». Par l'intermédiaire de la diversité des espèces associées aux espèces-ingénieurs, nous évaluons les différentes fonctions que jouent ces habitats biogéniques. C'est une nouvelle vision de la diversité.

Par la suite, nous voulons développer des modèles probabilistes et déterministes d'habitats afin de prévoir la présence et l'évolution de certaines espèces ingénieurs sur nos côtes. Cela ouvrirait de nouvelles perspectives de recherche, tout en offrant un appui aux gestionnaires de l'environnement.

Ressources biologiques et environnement

Accompagner le développement durable de la pêche et de l'aquaculture dans un contexte de changement global et mieux valoriser les ressources biologiques marines au travers de leur exceptionnelle diversité, notamment par des biotechnologies innovantes, sont des enjeux majeurs pour l'Ifremer.

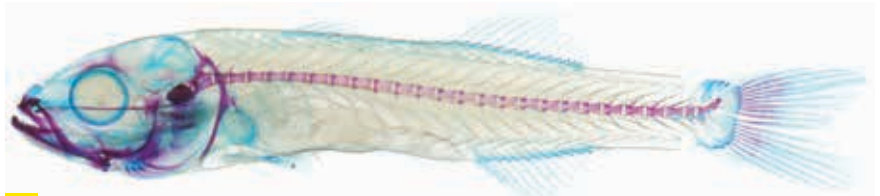
L'importance croissante des changements environnementaux conduit à étudier leurs interactions avec le développement des activités humaines (exploitation des ressources vivantes, rejets de contaminants, aménagements divers, particulièrement en zones côtières). Dans ce contexte, l'Ifremer poursuit ses observations et ses travaux de recherche indispensables à l'acquisition de connaissances sur l'environnement marin et les espèces qu'il héberge, au développement et à la mise en œuvre des stratégies de conservation de la biodiversité et de gestion des usages de l'espace maritime.

Ces travaux visent à identifier les sources et les orientations potentielles du développement de la pêche et de l'aquaculture et à élucider les effets combinés des nombreux phénomènes multi-échelles qui contraignent l'évolution de ces développements (altération de la biodiversité marine, dégradation de la qualité chimique des eaux, changement climatique, mondialisation du commerce des produits de la mer, concurrence croissante pour les ressources et/ou l'espace, résilience des systèmes de production, évolutions de la gouvernance...).

Effets de l'acidification et de l'élévation de la température des océans

L'augmentation du dioxyde de carbone (CO₂) atmosphérique se traduit par une élévation de la température et l'acidification des océans. Ainsi, plusieurs projections du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) indiquent que la pression partielle moyenne de CO₂ (pCO₂) dans les océans, actuellement de 400 micro-atmosphères (µatm), doublera en 2050 et dépassera la valeur de 1 200 µatm d'ici l'année 2100. Le pH des océans a diminué en moyenne de 0,1 unité depuis l'ère pré-industrielle et est donc susceptible de baisser de 0,4 unité pour atteindre un pH de 7,6 en 2100.

L'Ifremer est impliqué dans des travaux visant à évaluer les effets potentiels de l'acidification des océans sur les organismes marins, notamment les poissons et les mollusques bivalves. Ainsi des études ont été entreprises pour analyser les effets d'une exposition chronique aux niveaux d'acidification projetés en 2050 et en 2100 sur l'ensemble du cycle de vie du bar européen (*Dicentrarchus labrax*). Elles ont montré que ces deux niveaux d'acidification ont peu d'influence sur la croissance, le développement et la survie des poissons, mais que l'acidification induit



L'acidification favorise l'ossification des larves de bar (25 millimètres, 45 jours), coloration par bathéation au bleu d'alcan (indique les zones de cartilage) et au rouge alizarine (zones ossifiées) observée au scanner.
© Ifremer/A. Crespel/J.L. Zambonino

cependant une accélération du processus d'ossification et une amélioration de la morphogenèse. L'étude du transcriptome (ensemble des gènes exprimés) de larves entières n'a pourtant pas permis d'identifier les acteurs moléculaires impliqués dans ces phénomènes.

Par ailleurs, les résultats obtenus indiquent que si, face à l'acidification de l'eau, les poissons parviennent à maintenir leur équilibre acide-base interne, ceci se fait au détriment de leur équilibre hydrominéral*. Les conséquences de ce déséquilibre sur leur capacité de nage, sur leur fonc-

tion digestive et sur leur comportement sont actuellement étudiées. Après quatre années d'exposition chronique, les larves sont devenues des poissons adultes reproducteurs. Les premières observations montrent que l'acidification a accéléré le processus de maturation sexuelle et a altéré la reproduction (baisse de la qualité des gamètes en particulier). Ces résultats laissent supposer que la baisse du pH prévue au cours de ce siècle affectera les poissons marins, particulièrement les processus biologiques liés à la reproduction, avec de probables conséquences sur les dynamiques de populations. Ces travaux soulignent la nécessité d'entreprendre des études de long terme sur l'ensemble du cycle de l'animal.

En ce qui concerne les mollusques bivalves, ceux-ci sont des espèces d'intérêt économique et écologique largement répandues sous toutes les latitudes, de la zone de balancement des marées à l'environnement profond. Bien que la plupart des espèces soient d'ores et déjà connues pour être sensibles à l'acidification des océans, les conséquences biologiques de ce phénomène sur les bivalves restent encore incertaines. En effet, la plupart des études publiées jusqu'ici n'ont pas pris en considération les effets synergiques ou antagonistes d'autres facteurs de stress. Pour aller plus loin, les équipes de l'Ifremer ont recherché les effets d'un scénario d'acidification à pH 7,9 sur la phase larvaire de l'huître creuse, *Crassostrea gigas*.



Larve véligère de l'huître creuse, *Crassostrea gigas* (fin du stade D, 90 micromètres)

■ ■ ■

Ce scénario d'acidification combiné ou non avec un scénario de réchauffement des eaux marines (19 °C et 22 °C) a ainsi été exploré dès les premiers stades larvaires. D'un point de vue phénotypique, la croissance larvaire de *C. gigas* est affectée par l'acidification seule, mais pas lors d'une association avec le réchauffement testé. Cependant, il a aussi été montré que le maintien d'une croissance normale, lors de conditions d'acidification et de réchauffement, s'accompagnait d'une activation de certaines réponses cellulaires (antioxydantes et métaboliques). Ces réponses chez les larves ont un coût énergétique pour l'individu, qui aurait pour conséquence un investissement énergétique moindre pour d'autres grandes fonctions

physiologiques (défense, survie, nutrition). Ainsi, dans un scénario conjoint d'acidification et de réchauffement, les larves de *C. gigas* pourraient être plus vulnérables à d'autres perturbations, comme par exemple des conditions nutritionnelles peu favorables. ■

* Les liquides organiques des poissons marins sont hypotoniques par rapport à l'eau de mer, c'est-à-dire que la concentration osmotique (300 milliosmoles – mOsm – par litre) de leurs liquides corporels est inférieure à celle du milieu marin (1 100 mOsm par litre); les branchies assurent la régulation osmotique.

Crespel A. et al., 2017. *Marine Biology*, 164: 155. <https://doi.org/10.1007/s00227-017-3178-x>

Harney E. et al., 2016. *Journal of Proteomics*, 135, 161-161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jprot.2015.12.001>



Dans un scénario conjoint d'acidification et de réchauffement, les larves de l'huître creuse pourraient être plus vulnérables à d'autres perturbations, comme des conditions nutritionnelles peu favorables.

Micro-algue toxique et capacités de défense de l'huître creuse

Dans le contexte des épisodes de mortalité massive affectant l'huître creuse, *Crassostrea gigas*, le long des côtes françaises, les interactions entre la micro-algue toxique invasive *Alexandrium pacificum* et les capacités de résistance de l'huître aux infections microbiennes ont été explorées.

Les travaux menés en 2017 à l'Ifrémer ont ainsi permis de montrer qu'une exposition des huîtres *C. gigas* à l'algue toxique invasive *A. pacificum* (*catenella*) dans des conditions d'exposition reproduisant celles des efflorescences, induisait la mort des hémocytes, les cellules immunitaires de l'huître et ce, par apoptose* programmée.

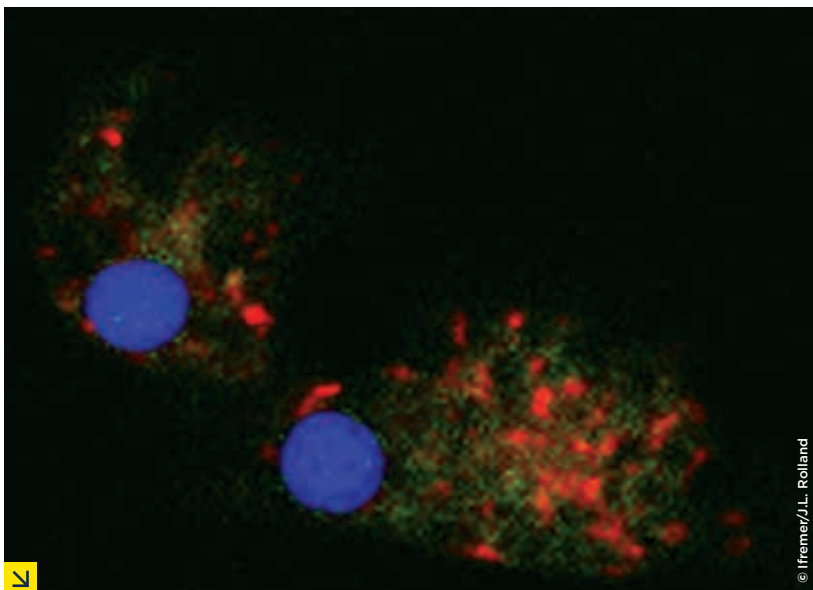
Il est à noter que le système circulatoire des huîtres n'est pas confiné aux vaisseaux et au cœur; les hémocytes peuvent s'insinuer librement au sein de tous les tissus. Ces premiers résultats laissent suspecter que la mort des cellules immunitaires induite par *A. pacificum* peut affecter fortement les défenses de l'huître creuse et contribuer ainsi aux phénomènes de mortalité en fragilisant les animaux face aux infections microbiennes.

De plus, les travaux ont montré que les toxines paralysantes (PSP) produites par cette micro-algue s'accumulent dans les cellules immunitaires de l'huître creuse et induisent leur mort. Enfin, bien qu'aucune relation directe n'ait encore été établie entre la présence d'algues toxiques productrices de toxines PSP et la mortalité de bivalves, les observations réalisées *in situ* montrent une corrélation positive entre la présence de micro-algues productrices de saxitoxines et des épisodes de mortalité massive d'huîtres creuses.

Les travaux réalisés devraient permettre de mieux appréhender les risques de mortalité des bivalves exploités qui sont régulièrement confrontés à des efflorescences de la micro-algue toxique. ■

* Mécanisme de mort cellulaire

Abi-Khalil C. et al., 2017. *Aquatic Toxicology*, 190, 133-141 <http://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.07.001>



Observation au microscope confocal inversé de deux hémocytes de l'huître *Crassostrea gigas*, le noyau (en bleu), la saxitoxine (vert), les mitochondries (rouge)

Des habitats côtiers particuliers

Les zones côtières et estuariennes occupent environ 6 % de la superficie des eaux marines et figurent parmi les zones les plus productives de la planète. Lieux de concentration de population humaine, elles sont associées à de forts enjeux économiques et sociaux et ont également une grande importance écologique.

Ces systèmes peuvent en effet constituer des zones de nurserie, de croissance ou encore de refuge pour de nombreuses espèces - de poissons et d'oiseaux notamment. L'importance de la phase de croissance dans le cycle de vie des poissons dans ces zones permet de comprendre pourquoi leur dégradation et leur destruction sont responsables de la régression d'espèces marines qui dépendent de ces habitats. Ainsi, la diminution de la qualité de ces habitats côtiers risque d'affecter la taille des stocks d'espèces commerciales.

Parmi les habitats côtiers du littoral atlantique français, il en est un particulièrement méconnu, tant du point de vue de la diversité spécifique et fonctionnelle qui lui est associée que du rôle écologique qu'il joue (notamment pour les communautés ichthyologiques) : il s'agit des vases consolidées où de petits crustacés tubicoles, *Haploops* spp. creusent des galeries et construisent leurs tubes. Ces habitats sont majoritairement dominés par ces amphipodes suspensivores et grégaires. Ils sont décrits comme des espèces-ingénieurs car ils modifient la structure physique des fonds en formant des colonies de tubes (conglomérats de vase et de mucus). Ils colonisent les écosystèmes côtiers et montrent une forte extension depuis trente ans au large des côtes bretonnes, en baies de Vilaine et de Concarneau.

Des recherches ont été réalisées afin d'étudier les rôles écologiques de l'espèce, *Haploops nirae*, sur les juvéniles de poissons et les invertébrés benthiques côtiers. Par la création d'un habitat fortement hétérogène, cette espèce favorise une plus grande diversité spécifique et l'apparition de niches trophiques plus larges et plus spécialisées que celles présentes dans les habitats environnants. Dans les habitats



Vase consolidée, par 15-30 mètres de profondeur, où de petits crustacés amphipodes (*Haploops* sp.) construisent des tubes de vase et mucus (2 à 3 centimètres de hauteur ; poisson *Diplecogaster*)



Par la création d'un habitat fortement hétérogène, les crustacés *Haploops* favorisent une plus grande diversité spécifique et l'apparition de niches trophiques.

à *Haploops*, certaines communautés de proies pour les poissons à forte valeur énergétique sont environ cent fois plus représentées que dans les habitats voisins (sans *Haploops*). Il a pu être confirmé que ces habitats sont défavorables pour les poissons plats ; en contrepartie, ils semblent servir de refuge aux individus de petites tailles de certaines espèces, notamment des poissons tels que les jeunes tacauds (*Trisopterus minutus*).

6%

DE LA SUPERFICIE
des eaux marines occupée
par les zones côtières
et estuariennes

Un modèle conceptuel du rôle écologique des espèces-ingénieurs a été développé, permettant de prédire les effets de la propagation de ces habitats particuliers sur les juvéniles de poissons. ■

Chaalali A et al., 2017. *Ecology and Evolution*, 7(15), 5542-5559.
<http://doi.org/10.1002/ece3.2857>

Contaminants chimiques et océan

Les contaminants chimiques issus des activités humaines transitent vers le milieu marin par les voies fluviales, les vents, l'air en basse altitude, les pluies, ou sont directement rejetés dans les océans, exerçant une pression chimique spatiale et temporelle à l'échelle du globe. Les sources d'apports vers l'océan se sont multipliées via l'évolution de la production chimique industrielle et des pratiques agricoles et l'augmentation des rejets urbains domestiques.

La surveillance historique des métaux lourds, des composés organiques comme les polychlorobiphényles (PCB), des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les organo-étains, réalisée à l'Ifremer depuis une trentaine d'années, s'accompagne à présent de la surveillance des contaminants dits émergents : nanoparticules, micro-plastiques, produits pharmaceutiques, produits d'hygiène, produits phytosanitaires, biocides, additifs alimentaires, différents types de peintures anti-salissures, retardateurs de flammes (autres que les PCB), composés fluorés et dérivés des terres rares.

Surveillance régionale et européenne à long terme

La surveillance européenne de certains contaminants chimiques et des risques écotoxicologiques associés est aujourd'hui réglementée dans le cadre des conventions des mers régionales (Ospar en Atlantique nord-est et Barcelone en Méditerranée) et dans le cadre de deux directives européennes : la DCE pour les eaux continentales et littorales et la



Échantillonnage de sédiment au moyen du carottier Reineck pour l'analyse des contaminants

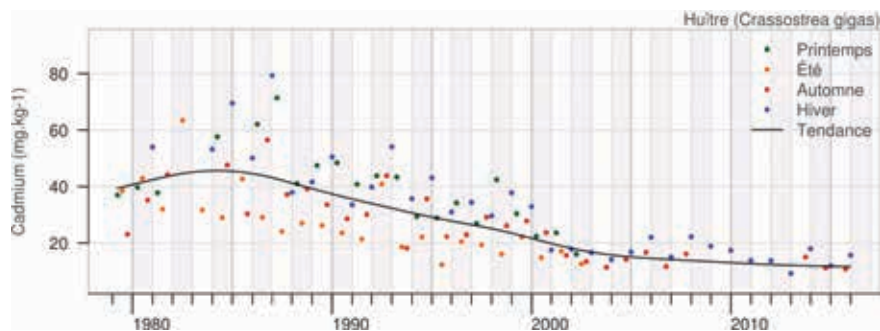
DCSMM pour les eaux côtières et au large. L'enjeu de la surveillance repose sur une capacité à doser les contaminants chimiques à l'état de trace, à interpréter les niveaux de concentrations de contaminants très diversifiés dans l'eau, les sédiments et les organismes vivants, puis à mesurer les effets du niveau moléculaire jusqu'aux populations de bivalves et poissons.

L'Ifremer coordonne le réseau national de surveillance de la contamination chimique côtière (Rocch) depuis plus de trente ans. Ce réseau de suivi à long terme constitue la base même de la surveillance chimique

côtière. C'est aussi le pilier d'une expertise acquise sur le long terme, qui permet à l'Ifremer de piloter le descripteur 8 (contaminants chimiques et effets) du dispositif de surveillance de la DCSMM lancé en 2016.

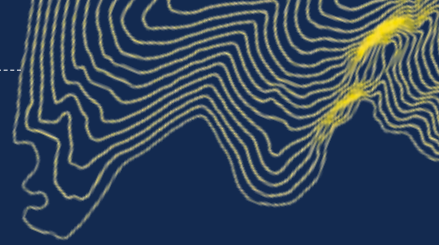
Les impacts biologiques des contaminants

Les contaminants chimiques pénètrent dans les organismes via la chaîne alimentaire ou le simple contact des organismes avec l'eau et le sédiment. Ils affectent les capacités d'adaptation et de résistance de toutes les espèces. En effet, ils peuvent provoquer des altérations cellulaires, porter atteinte au matériel génétique et, par effets cascades, altérer les grandes fonctions physiologiques, comme la reproduction, la croissance et les défenses immunitaires. L'Ifremer est l'un des organismes pionniers ayant initié une approche intégrée de surveillance des contaminants chimiques et de leurs effets biologiques sur les mollusques bivalves et les poissons au début des années 1990.



Burgeot T. et al., 2017. *Marine Environmental Research*, 124, 92-105.
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.10.009>

Évolution de la teneur en cadmium des huîtres de la Gironde de 1979 à 2016 (réseau Rocch). © Ifremer/réseau Rocch



Interview

Jean-Marc FROMENTIN

UMR Marbec : Biodiversité marine, exploitation et conservation, Ifremer

— Étude du comportement et des migrations de grands prédateurs marins par marquage électronique



Pourquoi marquer des prédateurs marins, comme les thons ou les requins ?

— Le premier objectif du marquage des animaux marins, qu'il s'agisse de thons, de requins, de mammifères, d'oiseaux ou de reptiles, est d'étudier et de comprendre leurs déplacements dans l'océan. Cette information peut sembler triviale au premier abord, mais elle est fondamentale pour aborder des questions scientifiques clés, comme l'identification des zones d'alimentation et de reproduction, les routes migratoires, l'étendue et la fréquentation de ces habitats, ainsi que pour comprendre comment ces animaux réagissent aux variations environnementales d'origine naturelle (comme le phénomène El Niño ou les fluctuations de la production planctonique) et anthropique (pêche, pollutions marines, changement climatique).

En quoi consistent les marques électroniques ?

— Une marque électronique est un appareil miniaturisé (d'environ 15 cm), composé d'un ordinateur miniature, d'une horloge de précision et d'une série de capteurs ; les plus répandus enregistrent la température, la pression, l'intensité lumineuse ou les positions GPS. Ces marques peuvent être disposées à l'intérieur de la cavité abdominale de l'animal ou fixées à l'extérieur par une ancre. Les marques externes de type pop-up, que l'on déploie sur les thons ou les requins, se détachent automatiquement après une période donnée et regagnent la surface, où elles émettent vers les satellites les informations stockées. Les informations émises sont ensuite récupérées par des systèmes de suivi satellitaire, comme Argos, puis transmises aux scientifiques, qui les analysent. Les données de positionnement GPS ou d'intensité lumineuse sont utilisées pour reconstruire les déplacements des animaux pendant la période de marquage (leur trajectoire) ; celles issues des capteurs de température et de pression permettent d'identifier les masses d'eau et les profondeurs fréquentées par l'animal.

Qu'a-t-on appris sur les migrations du thon rouge et du requin-taupe ?

— Le marquage électronique a totalement révolutionné la compréhension des déplacements des animaux marins. Ainsi, le marquage du thon rouge et du requin-taupe a permis de mettre en évidence que, si chaque trajectoire est unique et différente d'un individu à l'autre, des migrations saisonnières identiques se retrouvent chez tous les individus d'une même espèce. Par exemple, les requins-taupes de l'Atlantique nord migrent vers

le golfe de Gascogne au printemps et y restent l'été, alors que les thons rouges de Méditerranée occidentale reviennent dans le golfe du Lion au cours de l'été et y restent jusqu'à la fin de l'automne. Ces migrations saisonnières, synchrones et récurrentes d'une année à l'autre, montrent que ces poissons sont capables de mémoriser une zone riche en proies et de retrouver ce site à une période précise de l'année, même s'ils en sont très éloignés. Cette stratégie, qui permet d'optimiser la recherche de nourriture, explique aussi pourquoi ces deux espèces de grands migrateurs (un thon rouge ou un requin-taupe est capable de parcourir de 5 000 à 15 000 kilomètres par an) peuvent se retrouver concentrées sur une zone géographique relativement restreinte à une période donnée de l'année, correspondant à un habitat favorable, ce qui les rend vulnérables à la pêche.

Peut-on attendre des améliorations technologiques et scientifiques dans un avenir proche ?

— Oui, absolument ! Cette technologie s'est principalement développée dans les années 1990 et est en constante évolution. Après avoir implanté des accéléromètres qui permettent de détecter des mouvements fins et les lieux de prise alimentaire, les scientifiques travaillent actuellement sur des capteurs plus élaborés qui renseigneront sur l'état physiologique des poissons marqués et détecteront les périodes et lieux de reproduction. Par ailleurs, les recherches se poursuivent aussi pour diminuer la taille des marques et baisser leur coût, ce qui permettra de marquer un plus grand nombre d'individus et d'espèces marines.

Ressources et écosystèmes des grands fonds océaniques

Le fond des mers est le siège des interactions entre hydrosphère, biosphère et géosphère. Cette interface enregistre aussi bien des phénomènes superficiels que ceux d'origine plus profonde, résultats d'une évolution lente ou d'événements rares et catastrophiques. Grâce à ses navires océanographiques et ses engins sous-marins, l'Ifremer développe, opère et utilise au niveau mondial des observatoires, autonomes ou câblés, déployés en fond de mer. Ces outils permettent de mieux comprendre la dynamique des écosystèmes profonds et l'impact du changement global sur l'océan et sur les environnements côtiers. Ils permettent également de proposer des innovations technologiques, dynamisant le secteur économique et contribuant à la « croissance bleue ». L'intérêt du public pour ces environnements extrêmes est aussi l'occasion de lancer des expériences de sciences participatives.

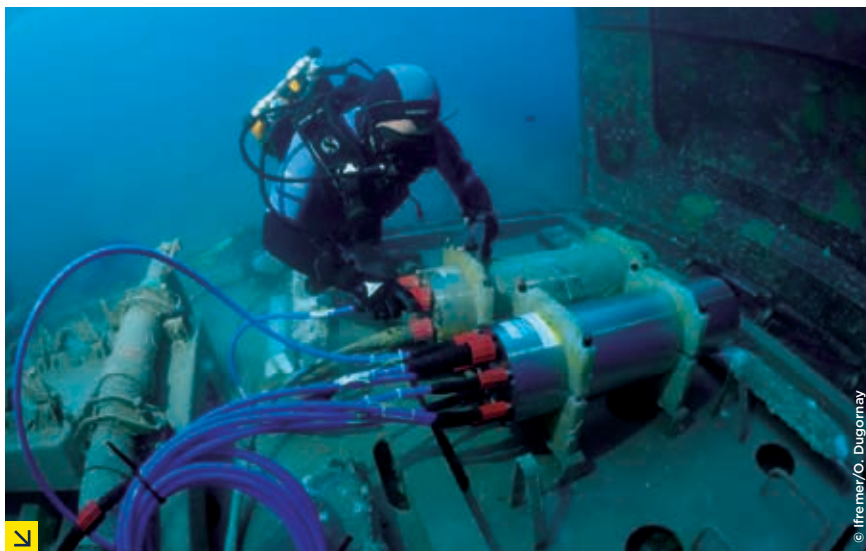
Les observatoires de fond de mer, pour quoi faire ?

L'étude des processus et événements affectant le fond de mer a longtemps été limitée à des explorations ponctuelles du fait des difficultés technologiques et opérationnelles ou d'accès.

Les observatoires de fond de mer pluridisciplinaires, systèmes fixes d'observation et fonctionnant sur de longues périodes, permettent aujourd'hui d'étudier des processus environnementaux complexes liés aux interactions entre géosphère, biosphère et hydrosphère. Leur apport est essentiel à l'étude de l'impact du réchauffement climatique sur les océans, à une meilleure compréhension du fonctionnement des écosystèmes marins profonds dans la perspective de leur gestion durable, à la surveillance des processus tectoniques, volcaniques, hydrothermaux, gravitaires et des risques naturels associés (séismes, tsunamis, instabilité des pentes) touchant les zones côtières à forte densité de population.

Tempo-Mini : les premiers résultats

L'Ifremer s'est investi très tôt dans l'élaboration de ces observatoires au niveau mondial. Ainsi, le module Tempo-Mini est déployé depuis 2011 à 2 196 mètres de profondeur sur la dorsale de Juan de Fuca (Pacifique nord-est) sur le réseau câblé *Ocean Networks Canada* ; il fait partie



Observatoire câblé EMSO-Nice pour suivre la stabilité des sédiments en mer Ligurie

des nombreux instruments connectés à ce réseau de 800 kilomètres de longueur. Développé à l'Ifremer, Tempo-Mini enregistre des images vidéo haute-résolution et des données environnementales qui permettent l'étude de la dynamique temporelle d'un écosystème hydrothermal. Un module identique est déployé depuis 2011 sur la ride médio-atlantique au sein de l'observatoire permanent sous-marin des Açores (cf. encart) ; une faune tout à fait extraordinaire s'y développe grâce aux sorties de fluides hydrothermaux chargés en soufre et autres éléments chimiques. Un résultat majeur de ce déploiement est la mise en évidence de l'influence du rythme des marées et des tempêtes sur l'abondance des animaux invertébrés des grands fonds par 1 700 mètres : les marées influencent les courants de fond qui, à

leur tour, modulent les gradients physico-chimiques de l'habitat, induisant des variations d'abondance chez certaines espèces.

EMSO, infrastructure essentielle à la recherche marine européenne

L'Ifremer contribue à la dynamique européenne et à la mise en place de l'infrastructure européenne de recherche EMSO, observatoire européen pluridisciplinaire des fonds marins. Depuis septembre 2016, EMSO coordonne les initiatives « observatoires de fond de mer, par grande profondeur » de ses pays membres (Espagne, Portugal, Irlande, Royaume-Uni, Grèce, Roumanie, Italie et France).

Fort de sa longue expérience, l'Ifremer joue un rôle majeur dans l'identification et l'adoption des meilleures pratiques et la mise en place de normes : architecture des systèmes sous-marins, méthodes de calibration, intervention sous-marine et gestion des flux de données. Costof2, développé par l'Ifremer et aujourd'hui commercialisé par l'entreprise RTsys, est l'électronique centrale choisie pour le module générique européen EGIM, destiné à mesurer sept variables essentielles à l'observation de l'océan et à la DCSMM sur les sites EMSO. L'Ifremer a accompagné ses partenaires dans leurs déploiements en Espagne et la fabrication de deux exemplaires supplémentaires pour des observatoires aux Canaries et au large de la Sicile.



L'observatoire EMSO-Açores

L'observatoire EMSO-Açores, situé sur la ride médio-atlantique dans la zone économique exclusive du Portugal, permet le suivi temporel des mouvements sismiques, de la circulation hydrothermale et de l'écosystème.

Des mesures *in situ*, ainsi que des prélèvements de fluides et d'échantillons biologiques, complètent le jeu de paramètres et intègrent une composante spatiale. Les capteurs pluridisciplinaires sont connectés à

deux stations de fond pilotées par un cœur électronique, Costof2. Ces stations communiquent par acoustique avec une bouée de surface qui assure le transfert des données vers un serveur à terre ainsi que la communication avec les instruments connectés. Les données sont mises à la disposition des équipes et du grand public en temps quasi réel. L'année 2017 marque la fin de deux années de révision et remise à niveau de cet observatoire.

...

Les équipes scientifiques et technologiques de l'Ifremer et du CNRS opèrent conjointement plusieurs observatoires, en mer Ligure et aux Açores. L'Ifremer dispose également du site d'essai EMSO-Molène en mer d'Iroise, destiné à l'évaluation et au développement de nouveaux systèmes. Un projet est également en cours pour l'implantation d'un observatoire pérenne en mer de Marmara afin de suivre en continu l'activité de la faille nord-anatolienne. Elle représente un risque sismique majeur pour la région d'Istanbul (quinze millions d'habitants).

La mise en place de l'ERIC EMSO montre la reconnaissance par l'Union européenne de ces observatoires de fond de mer. Ils permettent de réelles avancées dans l'étude des processus géologiques et des écosystèmes profonds. L'intégration des données acquises par les différentes disciplines scientifiques est en cours et apportera de nouvelles réponses sur le fonctionnement, la dynamique et les impacts des activités humaines sur ces milieux. ■

Lelievre Y. et al., 2017.
Proceedings of the Royal Society B, 284: 20162123.
<http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.2123>

Un écosystème chimiosynthétique et un puits de carbone dans les abysses

Le projet ANR Congolobe (2011-2015) portait sur l'étude des lobes terminaux de l'éventail marin profond du fleuve Congo, lieu de l'acheminement et de l'enfouissement de très grandes quantités de matière organique d'origine terrigène dans les grands fonds marins.

Le projet, piloté par l'UMR Sciences du climat et de l'environnement, associait deux partenaires principaux : l'université Pierre et Marie Curie et l'Ifremer. L'institut était représenté par une équipe pluridisciplinaire associant les écosystèmes profonds et les géosciences marines. Ce projet fait suite à l'exploration du chenal et de sa partie terminale au cours des projets ZaiAngo et Biozaire (1998-2003), avec notamment la découverte d'écosystèmes particuliers.

L'utilisation du ROV *Victor 6000* pendant les campagnes WACS et Congolobe, avec des prélèvements de surface et des mesures in situ, a permis d'établir des bilans et de décrire le fonctionnement d'un écosystème exceptionnel à 5000 mètres

de profondeur. La zone des dépôts profonds est principalement constituée de sédiments continentaux en provenance du fleuve, transportés par des avalanches sous-marines sur plus de 800 kilomètres dans le canyon, puis le chenal sous-marin, et aussi riches en carbone organique (4 %) que les sédiments des deltas côtiers.

Les consommations inhabituelles d'oxygène mesurées sur le fond témoignent d'un recyclage important du carbone organique ; les lobes représentent ainsi un puits de carbone considérable sur les 2500 km² du système actif, avec un enfouissement mille à dix mille fois supérieur à celui des plaines abyssales atlantiques.

L'oxydation de grandes quantités de matière organique produit du méthane et des sulfures nourrissant des tapis microbiens et des agrégats denses de bivalves vivant en symbiose avec des bactéries chimioautotrophes. Le développement de ces habitats est localisé et probablement éphémère. Il résulte d'un équilibre entre les énormes apports de carbone et des ensevelissements répétés sous les avalanches sous-marines. ■

Rabouille C. et al. (Eds.), 2017. *Deep-Sea Research Part II*, 142, 1-244.
[https://doi.org/10.1016/S0967-0645\(17\)30273-4](https://doi.org/10.1016/S0967-0645(17)30273-4)



Prélèvement et mesure in situ sur un habitat à bivalves à l'aide du ROV Victor 6000

||

La zone des dépôts profonds est principalement constituée de sédiments continentaux en provenance du fleuve Congo, transportés par des avalanches sous-marines sur plus de 800 kilomètres.

Le sédiment marin révèle près de cent mille ans de l'histoire du continent australien

De nombreux travaux de recherche sont entrepris en géosciences marines pour reconstruire, à partir d'enregistrements de sédiments marins, l'évolution des environnements en lien avec la variabilité climatique passée : très souvent, les preuves à terre ont été effacées alors que les enregistrements marins en conservent la mémoire.

Le bassin de Murray-Darling est le plus vaste réseau hydrographique de l'Australie, couvrant un septième du continent et irriguant près de 75 % des terres agricoles du pays. Dans le contexte d'extrême sécheresse actuelle en Australie, la connaissance des facteurs contrôlant l'hydrologie est un enjeu majeur. Des études avaient déjà prouvé que l'Australie était devenue aride au cours des derniers milliers d'années, mais son évolution paléoclimatique plus ancienne demeurait peu connue.

L'impossibilité de déterminer l'origine géographique des pluies, alimentant le vaste bassin de Murray-Darling, a jusqu'à maintenant limité la compréhension des facteurs contrôlant son évolution hydrologique dans le temps.

La collaboration avec des chercheurs australiens (*Australian National University, Canberra*) a permis de retracer l'évolution du régime des pluies en Australie au cours des quatre-vingt-dix derniers milliers d'années. L'étude repose sur une carotte de sédiments marins de trente-trois mètres de longueur, prélevée au large de l'exutoire du fleuve Murray lors d'une campagne océanographique (Auscan, 2003). En utilisant les isotopes du néodyme (métal du groupe des terres rares) comme traceurs de la provenance des sédiments exportés par le fleuve, les différentes parties du bassin alimentées par les pluies au cours des

diverses périodes climatiques du Quaternaire ont pu être identifiées. L'un des résultats associés à cette étude concerne les périodes humides du passé qui furent principalement provoquées par des pluies de mousson originaires du nord de l'Australie, en lien avec des épisodes de déplacement vers le sud de la zone de convergence inter-tropicale (ITCZ). ■

Bayon G. et al., 2017. *Scientific Reports*, 7: 44054. <http://dx.doi.org/10.1038/srep44054>

1/7

DU CONTINENT AUSTRALIEN

couvert par le réseau hydrographique du bassin de Murray-Darling

Quand le cours supérieur du Rhin se jetait en Méditerranée

Les couches géologiques de la marge du golfe du Lion ont été cartographiées en trois dimensions à partir de données sismiques. Ces données ont permis de retracer l'histoire des sédiments et de quantifier les volumes déposés au cours des six derniers millions d'années.

Ces résultats soulignent quatre points majeurs.

- Une très importante augmentation des apports sédimentaires continentaux entre 6 et 5,3 millions d'années. Ces apports sont contemporains de la « crise de salinité messinienne », une catastrophe environnementale : la quasi-fermeture du détroit de Gibraltar, sous la poussée de la plaque tectonique africaine, qui a conduit à une chute dramatique du niveau de la Méditerranée par évaporation, puis à son assèchement. L'augmentation de la pente des réseaux fluviaux favorise alors l'érosion en amont par les rivières, comme en témoigne le creusement du canyon du Rhône.

- Une sédimentation, depuis 5,3 millions d'années (Pliocène), trois fois plus élevée comparée à la période Miocène (-23 à -5,3 millions d'années). Cette tendance est en accord avec les mesures publiées sur les océans à l'échelle mondiale et dont la cause (climat ou tectonique) est aujourd'hui toujours débattue.

- Une diminution des apports autour de 2,6 millions d'années. Celle-ci est attribuée à un changement régional dans le réseau de drainage nord-ouest alpin. Jusqu'alors, le cours supérieur du Rhin se jetait en Méditerranée, mais vers 2,6 millions d'années, le Rhône est amputé d'une partie de son cours supérieur (rivière Aar), qui s'inverse pour venir alimenter le Rhin. Le Rhône adopte alors sa configuration actuelle.

- Un doublement des apports sédimentaires dans le bassin provençal il y a environ un million d'années. Cette évolution est attribuée à l'intensification des cycles glaciaires et interglaciaires du Pléistocène moyen.

L'évolution de ces flux sédimentaires, les variations spatio-temporelles de subsidence (affaissement vertical dû à la charge sédimentaire), ainsi que les fluctuations du niveau marin ont été intégrées dans un modèle stratigraphique, afin de tester leurs impacts sur les architectures sédimentaires. La comparaison des géométries modélisées avec les géométries sismiques confirme la cohérence du scénario d'évolution de la marge, à la fois en matière de bilan sédimentaire et d'évolution tectonique. ■

Leroux E. et al., 2017. *Basin Research*, 29(3), 305-339. <http://doi.org/10.1111/bre.12178>

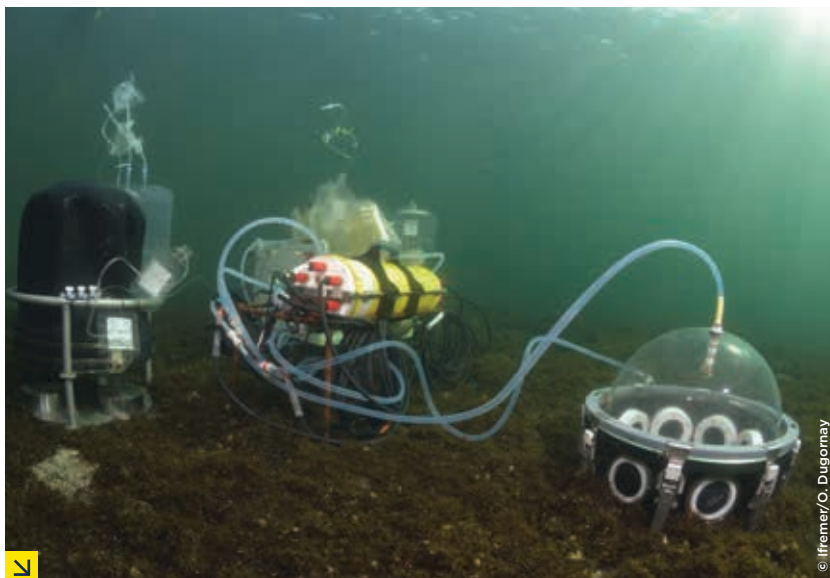
Les lagunes méditerranéennes sous surveillance en haute fréquence

L'acquisition de mesures à haute fréquence – de la minute à l'heure – dans l'environnement représente un enjeu majeur dans la compréhension des processus physiques, chimiques et biologiques des systèmes côtiers. Ainsi, la variabilité temporelle des conditions environnementales dans ces milieux d'interfaces eau/sédiment et les réponses biologiques qu'elles induisent sont souvent mal quantifiées, faute d'instruments et de méthodes adaptés.

Financé par le défi interdisciplinaire - l'instrumentation aux limites - du CNRS et l'appel à projets « Politique de site » de l'Ifremer, le projet Chamaut (chambres benthiques automatiques en milieu côtier) a donné lieu au développement de trois systèmes automatiques et autonomes (sur vingt-quatre à soixante-douze heures) permettant d'isoler une partie du compartiment benthique et ainsi de quantifier les échanges entre le sédiment et la colonne d'eau (flux benthiques) dans des conditions environnementales très contrastées (jour/nuit, vents forts/faibles...).

La complémentarité des compétences des équipes du centre Ifremer de Bretagne, de l'UMR Marbec, du Centre européen de recherche et d'enseignement des géosciences de l'environnement (UMR Cerege) et du Centre d'écologie marine

Des capteurs de lumière, des sondes (oxygène, pH, salinité), un système de prélèvement automatisé d'eau et des analyseurs chimiques miniaturisés (ammonium, phosphate et nitrate/nitrite) sont déployés jusqu'à dix mètres de profondeur.



Prélèvements d'eau et analyses chimiques automatiques en haute-fréquence, station de fond dans l'étang de Thau

expérimentale (UMS Medimeer) a ainsi abouti à la conception de stations de fond évolutives, adaptées aux fonds côtiers et déployées à partir d'embarcations légères, jusqu'à dix mètres de profondeur.

Parmi les modules aujourd'hui disponibles, un ensemble de capteurs de lumière et de sondes (oxygène, pH, salinité), un système de prélèvement automatisé d'eau et trois analyseurs chimiques miniaturisés permettant l'estimation des concentrations en ammonium, en phosphate et en nitrate/nitrite dans l'eau. Ce matériel est déployé par des plongeurs en quinze minutes.

Les campagnes menées en 2017, dans les lagunes méditerranéennes, ont permis d'obtenir des premiers résultats, aussi bien technologiques que scientifiques, très encourageants. La variation des concentrations en oxygène dissous et en ammonium mesurées au sein des enceintes ben-

thiques est cohérente avec les processus biologiques et chimiques mis en jeu (photosynthèse, respiration, reminéralisation).

Les données acquises ont aussi contribué à la qualification métrologique des systèmes de mesures. Ce projet pluridisciplinaire de développement technique en milieu côtier étend aujourd'hui les perspectives d'utilisation de ces stations de fond à l'étude du rôle du compartiment benthique dans la régulation des flux de matière (carbone, azote, phosphore), à la quantification de flux de nutriments via les apports d'eau souterraine dans les lagunes méditerranéennes ou encore à la quantification du rôle des herbiers et de diverses algues macrophytes dans la restauration écologique vis-à-vis de l'eutrophisation. ■

Le Fur I. et al., 2017. *Hydrobiologia*, 808: 175. <http://doi.org/10.1007/s10750-017-3421-y>

Interview

Marjolaine MATABOS

Laboratoire Environnement profond, Ifremer



Les sciences participatives, aussi appelées « sciences citoyennes ou collaboratives », sont une forme de collecte d'informations scientifiques dans laquelle des personnes volontaires participent à l'acquisition, au traitement ou à l'analyse des données. Longtemps limitée à des projets de recensements naturalistes, une nouvelle branche de sciences participatives a récemment vu le jour : l'interprétation participative (ou *crowdsourcing*). Ce processus consiste à confier des tâches à un grand nombre d'internautes via des interfaces internet. Cette approche s'est énormément développée et repose sur le fait qu'une même donnée sera analysée un grand nombre de fois par différentes personnes, permettant ainsi l'utilisation de statistiques pour lisser les erreurs et éliminer les résultats aberrants.



**Plus de 10 000 joueurs
ont d'ores et déjà
participé au jeu
« Espion des grands fonds » !**

**En quoi consiste le jeu
"Espion des grands fonds" ?**

— Dans l'application « Espion des grands fonds » (www.deepseaspy.com), les internautes sont invités à annoter la faune photographiée : images collectées au niveau des sources hydrothermales profondes. L'Ifremer a déployé des modules d'observation au niveau de deux observatoires de grands fonds situés au niveau des dorsales Juan de Fuca dans le Pacifique et médio-Atlantique au large des Açores. Ces caméras ont enregistré depuis 2011 plus de 5000 heures de vidéos dont l'analyse est chronophage. En attendant d'être en mesure d'automatiser ces tâches grâce à des algorithmes informatiques, la contribution de volontaires est indispensable au traitement de l'ensemble du jeu de données. Un guide d'initiation, disponible lors de l'inscription, permet de former les participants à l'identification d'espèces, permettant ainsi la participation de tous ! L'application constitue par ailleurs un outil puissant de médiation scientifique et offre une nouvelle approche afin de sensibiliser et éduquer la jeune génération aux défis d'aujourd'hui sur les ressources d'un milieu encore méconnu du grand public.

À quoi vont servir les résultats ?

— En raison de leur difficulté d'accès, l'étude des écosystèmes hydrothermaux a été longtemps circonscrite à l'analyse d'échantillons collectés de façon ponctuelle. Par conséquent, notre connaissance de la dynamique et du fonctionnement de ces écosystèmes est encore très limitée. Ces images apportent de nouvelles informations sur la dynamique quotidienne des organismes, leur comportement, leurs interactions et leur réponse aux changements environnementaux. Une étude récente fondée sur des données de l'observatoire de fond de mer Momar (au large des Açores) montre d'ailleurs l'influence des marées sur le comportement et l'abondance de deux espèces vivant sur le fond. Ces données permettront de mieux prévoir l'impact des changements environnementaux sur les écosystèmes hydrothermaux, donc de proposer des protocoles de suivi et d'optimiser les pratiques de gestion.

3

INFRASTRUCTURES DE RECHERCHE ET SYSTÈMES D'INFORMATION

L'océan demeure un milieu difficile d'accès, qui nécessite des moyens technologiques considérables pour l'observation et l'exploration. Dans ce cadre, le département Infrastructures de Recherche et Systèmes d'Information (IRSI), créé au 1^{er} janvier 2018 en parallèle de la mise en place de la direction de la Flotte océanographique (DFO), assure des services en continu et réalise des projets dans le but de créer ou d'améliorer les infrastructures de recherche marine. IRSI regroupe le périmètre de l'unité Informatique et Données marines (IDM) et la cellule de coordination opérationnelle Argo. Cette nouvelle organisation offre l'avantage de renforcer la cohérence thématique du département autour des systèmes d'information et des bases de données, alors que la production et la demande de données marines ainsi que l'intérêt en la matière vont croissant.

Interview

Bernard POULIQUEN

Vice-président de la région Bretagne, en charge de l'enseignement supérieur, de la recherche et de la transition numérique



La machine Datarmor a été inaugurée en juin 2017, en présence des partenaires financeurs du contrat de plan État-région du même nom et des partenaires scientifiques utilisateurs. Son architecture se compose de plusieurs regroupements ou clusters informatiques spécialisés : le calcul à mémoire distribuée, le calcul à mémoire partagée, les « données de référence », les « données de travail », les services interactifs... La migration progressive des utilisateurs entre Caparmor (la précédente infrastructure de calcul) et Datarmor s'est déroulée sans coupure de service pour les utilisateurs, sur une période de deux mois, avec prise en charge des transferts de données sous forme d'une synchronisation en temps réel entre les deux machines.

Quels sont les objectifs scientifiques associés à Datarmor ?

— L'objectif premier de Datarmor est de développer des compétences et des techniques pour analyser/interpréter les très gros volumes de données marines, hérités des systèmes d'observation en continu (satellite, Argo...) ou de capteurs particuliers (vidéo des engins sous-marins, sondeurs multifaisceaux, relevés sismiques). La mise en place d'espaces de stockage volumineux, à architecture parallèle, est un atout décisif d'une part pour rendre les données de référence disponibles et propices au calcul haute performance et, d'autre part, pour mettre à disposition des espaces de travail en rapport avec le volume des données. Le but est pour les océanographes, de mettre au point des méthodes sur une plate-forme expérimentale hautement reconfigurable qui pourront être appliquées à des flux opérationnels de données.

Le second objectif vise à faciliter les processus de recherche au sein et entre les institutions autour d'environnements dédiés préconfigurés et virtuels (VRE: *Virtual Research Environment*), ciblant très exactement les usages qui lui sont autorisés, en offrant des services en ligne rendus interopérables.

Qu'est-ce qui vous a séduit dans le projet Datarmor ?

— Ce projet est porté par l'Ifremer et ses partenaires (SHOM, UBO, IRD, ÉNSTA Bretagne). La question des infrastructures de gestion et d'exploitation de larges volumes de données scientifiques a été clairement identifiée dans nos réflexions avec l'État et les établissements, pour l'élaboration de notre CPER 2014-2020. Dès lors, investir sur le projet Datarmor, une machine spécialisée dans le calcul et le traitement des données marines, était assez évident, cela d'autant plus que ce projet s'adresse à un écosystème construit, les partenaires académiques cités ci-dessus mais également des acteurs économiques.

Quelles sont les attentes de l'État et des régions vis-à-vis de ce type de projets, à la croisée des sciences et des technologies de l'information et des communications ?

— Pour la région Bretagne, il est impératif de pouvoir disposer d'infrastructures et d'outils favorisant l'exploitation des millions de données scientifiques que l'Ifremer et ses partenaires collectent, sous peine de ne pas voir celles-ci exploitées comme il se doit, ni même stockées pour répondre à de futures questions de recherche ; l'hébergement de données, la capacité à les mobiliser, les traiter et les présenter, constituent aujourd'hui une figure imposée pour tous les acteurs.

Comment le projet Datarmor s'intègre-t-il dans le développement économique régional de la Bretagne et au-delà ?

— Les sciences et technologies marines figurent naturellement dans nos orientations stratégiques aux plans régional et européen. Dès lors cet outil, s'il est bien sûr destiné à tous les chercheurs présents sur le site du campus mondial de la mer et au-delà, est ouvert aux acteurs économiques et doit permettre de favoriser la création de valeur.

L'attractivité et la lisibilité du site aux niveaux national comme européen sont acquises avec ce centre de calcul qui offre une puissance de calcul très supérieure à celle du précédent, tout en restant dans une gamme de « mésocentre » dans la hiérarchie nationale des centres de calcul.

Notons que l'accroissement du volume de données satellitaires et les traitements associés (dont on connaît l'importance pour l'observation des océans) ne peuvent que valider le choix de financer et mettre en œuvre le projet Datarmor.

Vers une observation à long terme de l'océan profond

Le programme international Argo a mis en place un réseau mondial de près de 4 000 flotteurs autonomes transmettant en temps réel les profils de température et de salinité jusqu'à 2 000 mètres de profondeur. C'est une contribution majeure au système mondial d'observation des océans mis en place pour suivre, comprendre et prévoir l'influence de l'océan sur le climat.

La France prépare depuis plusieurs années une nouvelle phase d'Argo, en particulier une extension aux plus grandes profondeurs, dans le cadre de l'Équipex NAOS. Un nouveau flotteur profilant profond, Deep Argo, a été développé pour couvrir près de 90 % du volume total des océans avec des flotteurs descendant jusqu'à 4 000 mètres de profondeur. La principale difficulté de conception - concilier légèreté et résistance à la pression - a été surmontée et deux prototypes ont été développés à l'Ifremer avant transfert à la société NKE ; depuis, deux prototypes industriels ont été fabriqués et déployés en 2014. Une expérience pilote est menée actuellement en Atlantique nord à partir de onze flotteurs déployés au cours de



Déploiement de flotteurs (profileurs) Deep Argo

campagnes océanographiques. À court terme, les données de ces flotteurs serviront à mieux appréhender la circulation en eaux profondes, qui reste encore largement méconnue, comme le révèlent certaines trajectoires des premiers flotteurs Deep-Argo qui ne suivent pas les schémas de circulation connus à ce jour. ■

L'infrastructure de recherche (IR) « système Terre » et le pôle Océan Odatis

Créés suite à une initiative commune du CNES et du CNRS, les pôles de données du « système Terre » ont pour objectif de promouvoir une gestion coordonnée et de créer un accès centralisé à toutes les données d'observation de la Terre.

Quatre pôles thématiques ont été identifiés : *Form@ter* (Terre solide), *Theia* (surface continentale), *Aeris* (atmosphère) et *Odatis* (océan). Ils ont pour mission de fournir des produits et services issus de tous les types de données : satellitaire, aéroporté, in situ.

Une vingtaine d'organismes français, dont ceux de l'alliance pour l'environnement (AllEnv), sont impliqués ; les fondateurs et principaux contributeurs sont le CNES, le CNRS, l'IRD, l'IGN, Météo-France, Irstea et l'Ifremer.

Le portail d'accès aux catalogues de données gérés par Odatis a été mis en service en 2017. Par ailleurs, la gouvernance d'Odatis s'est mise en place en 2017, avec la nomination d'un nouveau directeur, d'une responsable scientifique et la création :

- d'un bureau exécutif où siègent les principaux partenaires contributeurs,
- d'un comité de coordination technique, qui vise à rendre interopérables les différents centres de données et le portail Odatis. ■



Accréditation du centre de données Ifremer par l'Unesco

En 1961, la COI de l'Unesco a mis en place l'organisation IODE* (Échange international des données et de l'information océanographiques) dans le but de promouvoir la recherche scientifique, le développement et l'exploitation des océans par l'usage partagé des données marines et, plus généralement, les échanges entre pays membres sur le sujet.

À partir d'un réseau de centres de données marines issus des pays membres, le programme IODE a défini deux niveaux de normes de qualité et compte aujourd'hui cinquante-cinq centres nationaux de données océanographiques (NODC : National Oceanographic Data Center) et vingt-quatre unités associées de données (Associate Data Units).

La vingt-quatrième session de IODE, qui s'est tenue en mars 2017 à Kuala Lumpur, a accrédité le centre de données Ifremer (Sismer) comme NODC suite aux acquis de l'institut en matière de qualité : certification ISO 9001 et bonnes pratiques ISO 20000 spécifiques à l'informatique et aux services de données marines. Au niveau mondial, le Sismer fait désormais partie des six centres de calcul accrédités.

*International Oceanographic Data and Information Exchange



Interview Pierre BAHUREL

Directeur de la société Mercator Océan



Qu'est-ce que le service européen Copernicus de surveillance de l'environnement marin et quel est le rôle de Mercator Océan ?

— Le programme Copernicus de l'Union européenne a pour objectif de développer l'usage des données d'observation de la Terre pour accroître notre connaissance de l'environnement et soutenir un développement durable de notre économie. Ce programme de 4,2 milliards d'euros sur 2014-2020 soutient des missions d'observation par satellite, mais aussi six grands services thématiques destinés à structurer des filières d'usage : l'Union européenne a confié à Mercator Océan la responsabilité de l'un d'entre eux, le service Copernicus de surveillance de l'environnement marin (CMEMS*). CMEMS doit apporter aux acteurs du domaine marin – entrepreneurs, acteurs opérationnels publics, décideurs, chercheurs, citoyens – l'accès à une information fiable et expertisée décrivant l'état de l'environnement marin sur l'ensemble du globe. Nous pilotons pour cela un réseau d'une centaine de fournisseurs en Europe, nous utilisons notre propre capacité de simulation opérationnelle de l'océan, nous intégrons et qualifions l'ensemble et nous diffusons à plus de 10 000 abonnés directs dans le monde des produits issus d'observations et de modèles décrivant l'état passé, présent et futur proche d'un océan bleu (courants, température, vagues...), vert (biogéochimie) et blanc (glace).

Mercator Océan s'europanise. Qu'attendez-vous de cet élargissement de la société Mercator Océan ?

— La société Mercator Océan a été créée en 2010 par l'Ifremer, le CNRS, l'IRD, Météo-France et le SHOM, à l'issue d'une quinzaine d'années de développement de notre capacité scientifique et opérationnelle. En optant

clairement pour un modèle de développement fondé sur l'intérêt général (nos produits sont libres et gratuits), ces cinq actionnaires fondateurs ont posé comme condition de faire reconnaître cette mission au niveau européen : par l'Union européenne d'une part – c'est ce que nous avons accompli en 2014 avec Copernicus – et par une ouverture de l'actionnariat d'autre part – dont la première étape a été franchie en décembre 2017 avec l'entrée de CMCC (Italie), du Met Office (Grande-Bretagne), du NERSC (Norvège) et de Puertos del Estado (Espagne). L'objectif est d'ancrer notre modèle de développement – intérêt général, ambition internationale, excellence scientifique et soutien aux applications – dans la structure même de l'actionnariat et de renforcer ainsi la portance de la société, sa capacité à mobiliser les meilleures compétences, à conduire des missions complexes et, enfin, à accentuer la confiance que l'Union européenne peut lui témoigner pour conduire ses grands programmes.

L'Ifremer est impliqué à plusieurs niveaux dans Mercator Océan et dans le CMEMS*. Comment jugez-vous cette implication et qu'en attendez-vous pour les années à venir ?

— L'Ifremer est actionnaire, mais aussi fournisseur, client et partenaire de Mercator Océan. L'Ifremer est donc stratège et soutien du développement de l'entreprise et contributeur et bénéficiaire de ses résultats : chaque associé développe cette même relation étroite avec Mercator Océan, en y apposant sa propre marque. Celle de l'Ifremer est évidemment d'être un spécialiste de la mer mais également d'être un acteur européen de réelle influence. C'est ainsi l'Ifremer qui a placé, il y a dix ans, Mercator Océan, comme chef de file d'une communauté « océanographie opérationnelle » en Europe après en avoir posé les bases avec le projet européen Mersea. On observe avec quel succès l'institut a ensuite européenisé l'approche Coriolis pour en faire l'un des piliers opérationnels de CMEMS pour la gestion des observations *in situ*. Je peux témoigner combien l'europanisation de l'actionnariat de Mercator Océan a été soutenue par une volonté stratégique – et pragmatique – de l'Ifremer. Nous avons fortement besoin de cette cohérence de vision et d'action pour les années qui viennent dans un actionnariat plus ouvert et une compétition européenne, scientifique et économique, plus forte encore. Nous avons fortement besoin de renforcer, dans une dimension pluridisciplinaire, l'identité marine de notre soutien opérationnel – par exemple vers le vivant – et l'Ifremer peut aider à cela. En étoffant cette relation, nous renforçons notre propre capacité de développement et notre positionnement européen et international.

* Copernicus Marine Environment Monitoring Service



4

LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE

L'année 2017 a vu l'aboutissement de la réflexion engagée en 2016 sur l'unification de la TGIR Flotte océanographique française. Elle a permis de mener le dialogue avec les divers acteurs concernés et de poser les bases d'une nouvelle organisation de la TGIR s'appuyant sur l'Ifremer comme opérateur unique de la flotte.

Au sein de l'Ifremer, une direction de la Flotte océanographique (DFO) est créée au 1^{er} janvier 2018 autour d'un pôle dédié aux opérations navales, des deux unités d'ingénierie (unités Navires et systèmes embarqués et Systèmes sous-marins) et d'une équipe de direction.

L'année 2017 a également été marquée par la jouvence à mi-vie du navire *Thalassa*, le lancement de la dernière phase de modernisation des équipements sismiques, et les premières campagnes scientifiques du HROV *Ariane*.

Unification de la TGIR Flotte océanographique française (FOF)

La TGIR comprend quatre navires hauturiers, six navires côtiers (qui mesurent moins de 36 mètres de longueur), sept navires de station, une vedette, des équipements lourds, comme le matériel sismique, et des engins sous-marins. La gestion de cette flotte est par nature complexe.

Tout d'abord, elle remplit plusieurs missions : recherche et enseignement, service public, ainsi que des partenariats recherche-industrie. Ces missions sont en outre assurées dans le respect d'autres engagements pris vis-à-vis de tiers (comme la Marine nationale, co-financier du *Pourquoi pas ?* et les TAAF, propriétaire du *Marion Dufresne*).

La gestion de la flotte restait auparavant partagée entre quatre opérateurs, ayant des contraintes et des modalités de fonctionnement propres. Malgré les progrès accomplis, notamment grâce à la création d'une unité mixte de service Flotte en 2011, cette situation n'était pas optimale.

Un opérateur unique

L'unification de la TGIR FOF confiée à un opérateur unique, l'Ifremer, va simplifier son organisation, en permettant une programmation intégrée des moyens navals et l'optimisation de leur gestion, au bénéfice de la communauté scientifique. En vigueur à compter du 1^{er} janvier 2018, elle repose sur les principes suivants :

- unification budgétaire (toutes les subventions sont réunies en une seule à l'Ifremer),
- mise en place d'une direction de la Flotte océanographique (DFO) à l'Ifremer et d'une gouvernance dédiée sous la responsabilité du ministère chargé de la Recherche,
- unification de la programmation au sein de la DFO, dans le respect d'un cahier des charges de la programmation des navires qui fixe les équilibres à respecter entre les différents types d'activité.

Ainsi, en tant qu'opérateur de la FOF, l'Ifremer a en charge la gestion de la TGIR au bénéfice de la communauté scientifique : élaboration de la programmation des navires, développement et optimisation des moyens navals, pilotage des structures en charge de l'armement (notamment Genavir).



Thalassa - Travaux de modernisation

Gouvernance de la TGIR

Le comité directeur de la FOF, dont le CNRS, l'IRD, le réseau des universités marines et l'Ifremer sont membres, est présidé par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. Chaque année, ce comité examine et valide la programmation des navires proposée par la DFO et le budget associé, en prévision et en exécution. Le budget est ensuite voté par le conseil d'administration de l'Ifremer.

Le conseil scientifique de la FOF a pour objectif d'aider à la maintenir au meilleur niveau international. Son rôle principal est la veille scientifique et la prospective de la TGIR FOF. Enfin, les commissions nationales de la flotte (hauturière et côtière) restent chargées de l'évaluation des demandes de campagnes et de l'évaluation *a posteriori* des résultats scientifiques des campagnes. ■



En tant qu'opérateur de la FOF, l'Ifremer a en charge la gestion de la TGIR au bénéfice de la communauté scientifique.

Modernisation à mi-vie du *Thalassa*

Mis en service en 1996, *Thalassa* est un navire hauturier de 74 mètres, à bord duquel sont réalisées des missions de recherche et des campagnes halieutiques d'appui à la puissance publique.

Fort d'un soutien financier de l'État (ANR et Feder) et des collectivités territoriales (région Bretagne, département du Finistère et Brest Métropole), les travaux de modernisation à mi-vie du navire ont été réalisés par Piriou Naval Services de juin à septembre 2017 à Concarneau. Le navire était en cale sèche jusqu'au début du mois d'août : le carénage destiné à accueillir les sondeurs a été mis en place et les équipements acoustiques installés sous la coque, tandis que les principaux équipements, dont les groupes électrogènes, étaient embarqués et positionnés à bord. Des essais en mer concluants ont été suivis par des essais des équipements scientifiques nécessaires aux campagnes de chalutage de fond : Evhoe (mer Celtique et golfe de Gascogne) et CGFS (Manche). Le navire est désormais conforme aux recommandations du CIEM (Conseil international pour l'exploration de la mer) requises pour les campagnes d'évaluation de stocks halieutiques en matière de bruit rayonné dans l'eau. ■

Campagne Subsaintes

La campagne Subsaintes, au large des Petites Antilles, a contribué à améliorer la connaissance des processus géologiques impliqués dans les aléas volcaniques, les séismes et tsunamis, au cœur des réseaux d'observation et de surveillance des volcans et des séismes de Guadeloupe et de Martinique.

Le 21 novembre 2004, le séisme des Saintes (magnitude du moment Mw 6.3) avait rompu la faille sous-marine de Roseau, au sud-ouest de l'archipel des Saintes (Guadeloupe). Treize ans plus tard, *L'Atalante* a réalisé la cartographie complète et détaillée de la faille de Roseau (à environ 1 000 mètres de profondeur) en très haute résolution, au moyen du robot autonome *AsterX*. Le robot téléopéré *Victor 6000* a par ailleurs permis des observations géologiques de détail et prélevé de nombreux échantillons.

Ces données permettront de mieux connaître les mécanismes à la source des tsunamis et sont une première dans l'étude des déformations sismiques sous-marines.

Une meilleure prise en compte de ces aléas est ainsi attendue dans les stratégies de prévention des risques aux Petites Antilles, avec des implications pour d'autres régions du monde exposées à des risques telluriques similaires.

L'équipe scientifique était composée de chercheurs et ingénieurs issus de plusieurs instituts nationaux (IPGP, université de Nice Sophia Antipolis/Géoazur, université de Lyon, université de Paris Sud et Ifremer) et internationaux (universités de Columbia aux États-Unis, de Gironne en Espagne et de Bergen en Norvège). ■



Modernisation des équipements sismiques

Pour le projet de renouvellement des équipements sismiques, l'année 2017 a été marquée par la poursuite des deux dernières étapes du projet :

- la modernisation de la source sismique associée au dispositif SIS-1 (équipement sismique 2D) : un nouveau système de flotteurs souples, sera utilisé pour le déploiement des canons à air. Ce système sera stocké dans deux conteneurs de douze mètres installés sur la plage arrière des navires, sera utilisé pour le déploiement des canons à air.

- l'allongement du dispositif SIS-1 à 6 000 mètres.

Au cours de l'année 2017, l'équipement sismique SIS-1 a été mis en œuvre lors des campagnes *Garanti (L'Atalante)* et *Mirage (Marion Dufresne)*. L'intégration des nouveaux équipements destinés à SIS-1 se poursuivra en 2018 et sera suivie d'essais de validation en mer sur *L'Atalante*. Les nouveaux équipements sismiques seront alors au complet.

HROV Ariane

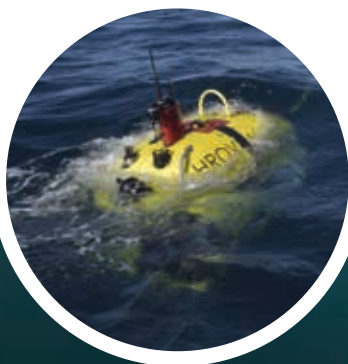
Cet engin sous-marin à énergie embarquée (en fonctionnement téléopéré ou autonome) est venu compléter la gamme des systèmes sous-marins de l'Ifremer.

Après une série d'essais techniques conduits en mars sur *L'Europe* en vue du transfert de l'engin en mode « exploration/prélèvement » à Genavir, *Ariane* a réalisé en 2017 ses premières campagnes scientifiques. Videocor 1 avait ainsi pour objectif l'étude d'écosystèmes de coraux d'eaux froides en Méditerranée.

Un mois après ce premier succès, *Ariane* a plongé pour la première fois dans l'océan Atlantique, depuis les *Côtes de la Manche* pour un déploiement appelé « faible fonds », permettant d'atteindre 450 mètres d'immersion et de réaliser la seconde campagne scientifique Hapoge (exploration du canyon de cap Breton).

En septembre, *Ariane* était de retour en Méditerranée et, après la seconde partie de la campagne Videocor 1, a réalisé ses premiers essais en configuration « cartographie » : l'intérêt est le couplage entre le sondeur multifaisceaux et un appareil photo permettant, sur une même plongée, de réaliser des mosaïques acoustiques et optiques. L'autre innovation réside en la possibilité d'incliner les antennes du sondeur multifaisceaux pour réaliser des cartographies acoustiques 3D, dont les premiers résultats s'avèrent prometteurs.

Enfin, *Ariane* a réalisé deux plongées archéologiques sur une épave historique dans le cadre d'une collaboration avec le département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines (DRASSM). Ses capacités en matière de manœuvrabilité et de télémanipulation, ainsi que la dextérité des pilotes, ont permis la réalisation de tâches complexes, telles que du désensablage ou de la récupération d'objets, qui ne pouvaient jusqu'à ce jour être réalisées que par des plongeurs. ■



© Ifremer/HROV Ariane/O. Dugornay

Interview

Cécile GUIEU

CNRS, université Pierre et Marie Curie,
chef de mission de la campagne Peacetime*



Dix-sept laboratoires français et étrangers ont participé à la campagne et au projet Peacetime à bord du *Pourquoi pas ?*. Le financement de cette campagne est assuré notamment par le projet Mistrals, la TGIR FOF (fonds de soutien aux campagnes), le CNES et le projet Equipex NAOS.

Quels étaient les objectifs scientifiques de cette campagne en Méditerranée ?

— L'équipe internationale et pluridisciplinaire de Peacetime avait pour objectif d'étudier les processus à l'interface entre l'atmosphère et l'océan en Méditerranée, où les apports atmosphériques jouent un rôle clé comme source de nutriments pour la biosphère marine. Nous nous intéressons en particulier à l'impact d'un apport atmosphérique saharien sur le fonctionnement de l'écosystème pélagique et le rétrocontrôle vers l'atmosphère, aujourd'hui et dans le futur.

Comment s'est-elle déroulée ?

— À bord du *Pourquoi pas ?*, avec Karine DESBOEUF, co-chef de mission et responsable des opérations pour la partie atmosphère, nous avons assisté notre équipe de trente-neuf scientifiques afin que la campagne se déroule dans les meilleures conditions.

Grâce au travail sans faille de l'équipage, nous avons pu réaliser près de cent-vingt profils dans la colonne d'eau pour la caractériser physiquement, chimiquement et d'un point de vue biologique (quatre-vingt dix avec la rosette CTD classique et vingt-sept avec la rosette « propre » pour prélever des échantillons exempts de traces métalliques issues de l'armature, du câble, etc.). Le zooplancton a été échantillonné pour en étudier la biodiversité et des mesures optiques ont été réalisées quotidiennement.

La matière organique en suspension dans l'eau a été prélevée au moyen d'un collecteur (*Marine Snow Catcher*) déployé sur câble et la micro-couche de surface échantillonnée à partir d'un zodiac. Tout le long du transect, des analyses automatiques chimiques, biologiques et physiques ont été réalisées en continu au moyen d'une pompe péristaltique haut débit. L'eau de mer prélevée a également été utilisée pour des expériences dans des réacteurs chimiques, reproduisant à petite échelle les échanges air/mer dans des conditions environnementales actuelles et futures.

Des prélèvements atmosphériques ont été effectués grâce à la station mobile Pegasus installée pour la première fois sur un navire océanographique afin de suivre la composition de l'air en continu. Des flotteurs lagrangiens et Bio-Argo ont été largués et deux flotteurs Bio-Argo récupérés. Trois mouillages dérivants (ligne de 1 000 mètres comportant différents types de pièges à sédiments, appareils de mesure de la respiration *in situ* et d'instrumentation physique) ont été mis à l'eau puis récupérés. Un système enregistreur de profils physiques et biologiques dans la colonne d'eau tracté par le navire en mouvement (*Moving Vessel Profiler*) a effectué 1 000 profils de la surface à 300 mètres de profondeur pendant les transects, permettant de caractériser l'environnement biogéochimique et physique traversé. Nous avons aussi pu réaliser des carottages lors des stations longues pour le projet Ifremer Abyss sur la biodiversité des grands fonds.

Le trajet du navire et la période mai-juin ont-ils permis de rencontrer des dépôts de poussières sahariennes ?

— Le transect prévu pour une probabilité maximale de rencontrer un évènement saharien a pu être modifié grâce à notre stratégie d'adaptation aux prévisions de dépôt atmosphérique. L'équipe de physiciens à terre fournissait quotidiennement des informations permettant ainsi, si nécessaire, d'ajuster le trajet. Cela a permis de traquer un évènement saharien pendant six jours au sud des îles Baléares et au nord de l'Algérie. Nous escomptons des résultats particulièrement originaux !

Quel est le bilan scientifique de la campagne ?

— Grâce au *Pourquoi pas ?*, à son équipage, et à l'équipe du projet, tous les travaux envisagés en amont ont pu être réalisés. La multitude de résultats obtenus va nous permettre de mieux comprendre et de quantifier la manière dont les dépôts atmosphériques influencent le fonctionnement de l'écosystème pélagique afin de prévoir plus précisément le devenir de la biodiversité en Méditerranée.

* Process studies at the air-sea interface after dust deposition in the Mediterranean Sea.

<http://peacetime-project.org>

FLOTTE HAUTURIÈRE

NARVAL

OCÉAN ATLANTIQUE
J. MOUTON (SHOM)
Hydrographie - SHOM

SHOMAN

OCÉAN ATLANTIQUE
J. MOUTON (SHOM)
Hydrographie - SHOM

RREX 2017

OCÉAN ATLANTIQUE /
RADIALE ST-JOHN'S - BREST
V. THIERRY (Ifremer)

Rôle de la dorsale Reykjanes sur
la circulation des masses d'eau
en Atlantique Nord

MOMARSAT2017

DORSALE MÉDIO-ATLANTIQUE
P.M. SARRADIN (Ifremer)
Maintenance de
l'observatoire EMSO-Açores

L'ATALANTE

SUBSAINTES

ANTILLES
J. ESCARTIN (IPGP - CNRS)
Aléas sismiques au large
de la Guadeloupe

GARANTI 1&2

ANTILLES
J.F. LEBRUN
(Université Antilles)
Le relief émergé et la zone
de subduction des Petites
Antilles au Cénozoïque

HERMINE

OCÉAN ATLANTIQUE
Y. FOUQUET (Ifremer)
Première campagne
de permis minier français
en Atlantique

BIOBAZ 2017

DORSALE
MÉDIO-ATLANTIQUE
F. LALLIER (UPMC)
Étude des moulières
de la dorsale

POURQUOI
PAS ?

PIRATA-FR27

OCÉAN ATLANTIQUE,
GOLFE DE GUINÉE
B. BOURLÈS (IRD)
Observatoire international Pirata :
variabilité climatique
en Atlantique tropical

296
jours

CAMPAGNES
SCIENTIFIQUES
HAUTURIÈRES

133
jours

INTÉRÊT PUBLIC
HAUTURIER

4
jours

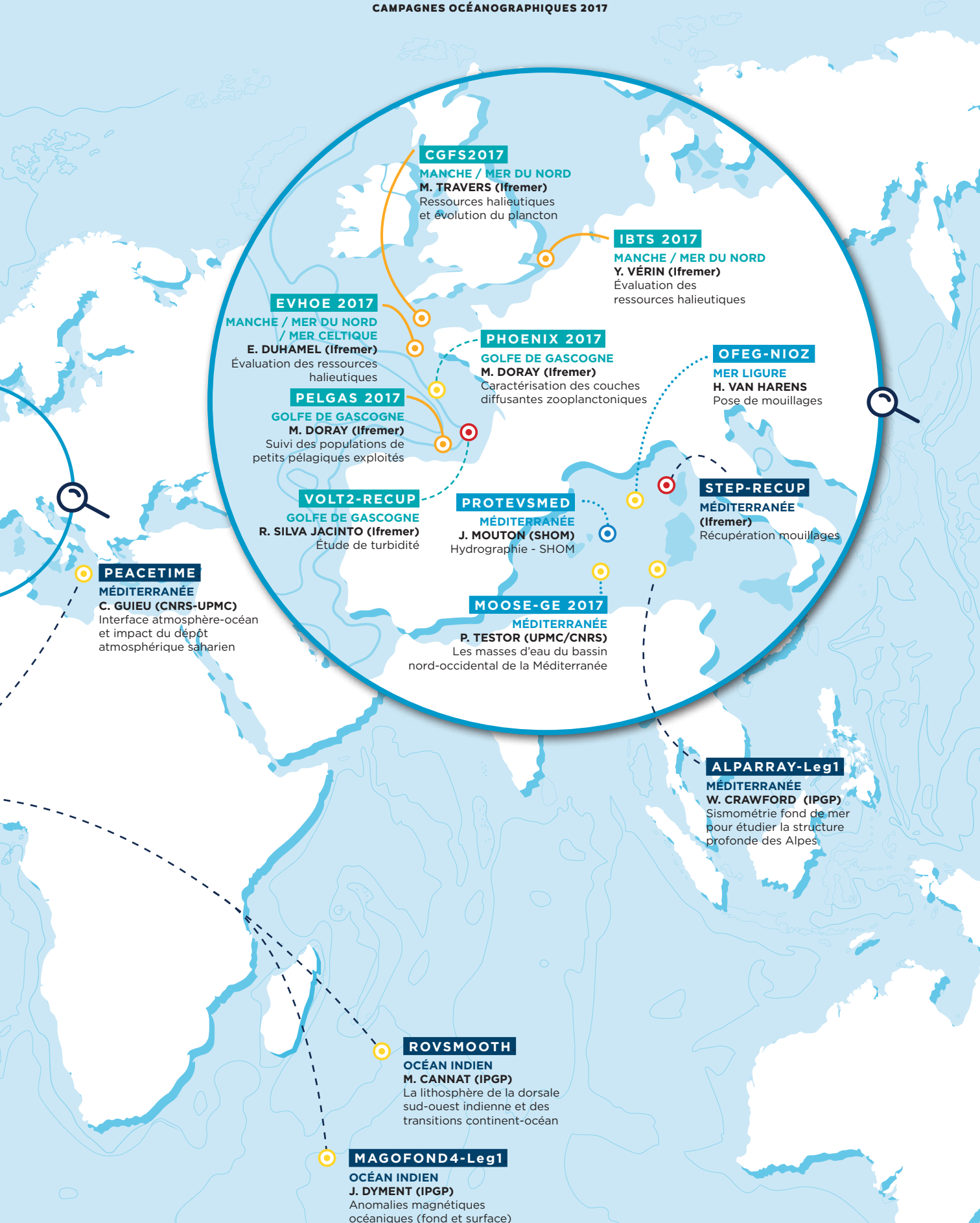
COLLABORATION
RECHERCHE-INDUSTRIE

125
jours

PARTENARIAT
DÉFENSE



THALASSA



FLOTTE CÔTIÈRE



HALIOTIS

BBWAVES

MER D'IROISE

P. SUTHERLAND (Ifremer)
Interaction entre les vagues et les courants. Mesures de flux atmosphérique

TREMOR 2

DIEPPE

V. GAULLIER (Université Lille)
Sédimentation du bassin Dieppe-Hampshire

HYD2M 1&2

**RAZ BLANCHARD
L. MARIE (Ifremer)**

Hydrodynamique du raz Blanchard, zone atelier

CROCO-CAUX

FÉCAMP

A. DUPERRET (CNRS-INSU)
Cartographie de la plateforme littorale au large des falaises crayeuses de Normandie

COMOR

BAIE DE SEINE

E. FOUCHER (Ifremer)
Évaluation des stocks de coquilles St-Jacques en baie de Seine



THALIA

ECHOSONDE 1&2

SAINT-NAZAIRE

M. DORAY (Ifremer)
Échosonde déployée pour caractériser l'environnement pélagique au large de Saint-Nazaire

NURSE 2017

GOLFE DE GASCogne

A. BRIND'AMOUR (Ifremer)
Les nourriceries côtières

SOLVEIG V

**AU LARGE DE L'AÉROPORT DE NICE
R. SILVA JACINTO (Ifremer)**

Le transfert sédimentaire dans les canyons sous-marins

CARTOHROV-17

PARC DES CALANQUES

E. RAUGEL (Ifremer)
Essais HROV

MEDITS 2017

GOLFE DU LION

A. JADAUT (Ifremer)

Évaluation des ressources vivantes démersales

PELMED 2017

GOLFE DU LION

J.H. BOURDÉIX (Ifremer)

Évaluation des ressources en petits pélagiques

VIDEOCOR 1&2

PARC DES CALANQUES

M.C. FABRI (Ifremer)

Vidéo sur zones de coraux-canyon sous-marin

263
jours

CAMPAGNES SCIENTIFIQUES CÔTIÈRES

109
jours

INTÉRÊT PUBLIC CÔTIER

6

jours

COLLABORATION RECHERCHE-INDUSTRIE

REBENT 2017

GOLFE DE GASCOGNE / MANCHE
C. BROUDIN
 (Station biologique Roscoff)
 Étude des communautés benthiques côtières

PAGURE-NEXT

RADE DE BREST
A. CARLIER (Ifremer)
 Étude par imagerie de l'impact de la crépidule en rade de Brest

COSB 2017

BAIE DE SAINT BRIEUC
S. FIFAS (Ifremer)
 Évaluation des stocks de coquilles St-Jacques en baie de St-Brieuc

RAIE-JUVES

BAIE DE DOUARNENEZ
P. LORANCE (Ifremer)
 Évaluation des populations de raies dont la raie bouclée

SELILOIRE 2017

GOLFE DE GASCOGNE
F. AKCHA (Ifremer)
 Les contaminants chimiques chez la sole

ESS-SOL

RADE DE BREST
L. GAUTIER
 Essais de la station Soless

CARMOLIT 1&2

BAIE DE VILAINE
L. QUÉMÉNER (Ifremer)
 Bouée Molit : suivi de la qualité des eaux (mars à octobre)

RETZ2

EMBOUCHURE DE LA LOIRE
L. GEOFFROY (IUEM-UBO)
 Étude de failles actives en baie de Bourgneuf

HOOPLA17

ESTUAIRE DE LA LOIRE
A. BALTZER (Université Nantes)
 Fonds vaseux à Haploops

ENEMO

PERTUIS CHARENTAIS
E. CHAUMILLON (Université La Rochelle)
 Évolution morphologique du fond en baie de Marennes-Oléron

SEEK LEAK

MÉDITERRANÉE
E. RINNERT (CNRS)
 Recherche de fuites de fluides à partir d'un AUV par méthode acoustique et Raman

**MISSIONS D'ESSAIS TECHNIQUES****THALIA**

S2MF
RADE DE BREST
X. LURTON (Ifremer)

REM2040
RADE DE BREST
X. LURTON (Ifremer)
 Technologie sonar

**L'EUROPE**

DIVACOUI0
La Ciotat
M. DROGOU (Ifremer)
 Technologie / tests acoustiques

ESS-LOPS17-1&2
Large de Toulon
M. HAMON (Ifremer)
 Essais techniques : mélange des masses d'eau et dissipation d'énergie

**L'EUROPE**

5

PARTENARIATS EUROPÉENS ET INTERNATIONAUX

La Commission européenne a publié, en 2017, la note à mi-parcours dressant l'état de la participation française au programme Horizon 2020 (H2020) pour la totalité des financements engagés entre 2014 et 2016. Sur cette période, le taux de succès moyen de l'Ifremer (30%) est plus de deux fois supérieur au taux de succès français (14%) et trois fois supérieur au taux européen (10%).

Par ailleurs, 2017 a vu la préparation de la dernière phase «2018-2020» du programme H2020, à laquelle l'Ifremer a participé activement. L'Ifremer s'est fortement impliqué dans les réseaux stratégiques européens, notamment dans le cadre du sixième forum du *European Marine Board*, dont l'objectif était d'identifier les besoins scientifiques pour la mise en œuvre des objectifs de développement durable (ODD) des Nations unies. Via sa présence dans le comité national de la COI de l'Unesco, l'institut a soutenu l'adoption par les Nations unies de la décennie des sciences océaniques pour le développement durable (2021-2030), proclamée le 5 décembre à Paris..

L'Ifremer a également contribué aux travaux du G7 sur le futur des océans lancés en 2016 à Tsukuba (Japon) et développés en 2017 lors du sommet de Turin.

Une forte implication dans les réseaux stratégiques européens

Pour être au plus près des décisions et s'assurer que ses objectifs stratégiques restent une référence européenne, l'Ifremer est présent dans de nombreux réseaux européens.

Ainsi, l'institut contribue aux analyses du *European Marine Board* et fait valoir les spécificités des sciences marines et leur importance dans la communauté des sciences en Europe. Il participe aussi au développement de la programmation scientifique internationale en collaborant aux groupes de travail du G7 (*Future of the Ocean*) ou aux orientations Planète bleue du groupe d'organisations relevant de l'océanographie (POGO) et en tant que membre du comité national de la COI.

Au titre de sa participation à l'association des directeurs d'instituts européens dans le domaine des pêches et de l'aquaculture (Efarò), l'Ifremer a notamment contribué en 2017 à la réflexion sur une approche intégrée au niveau régional pour la collecte des données marines



Le groupe de réflexion sur les sciences et technologies de la mer (European Marine Board), Bruxelles, 6 décembre 2017

dans le cadre du programme DC-MAP (évaluation des stocks halieutiques) et de la DCSMM. Cette proposition d'Efarò a été présentée à Malte, le 15 juin 2017. L'Ifremer a également assuré en 2017 la présidence tournante du comité Recherche en pêches et aquaculture (SCAR-Fish) qui, entre autres, conseille la DG R&I de la Commission européenne pour la préparation de ses programmes

cadres. SCAR-Fish a établi son agenda stratégique pour la recherche et l'innovation dans le cadre du Défi 2 d'Horizon 2020 et a également mis en place des groupes de travail prospectifs, dans le cadre de la préparation du prochain programme de recherche et d'innovation de l'Union européenne FP9 (FOOD 2030), pour identifier les priorités de recherche et d'innovation.

Enfin, l'Ifremer a été sollicité par la Commission européenne, en partenariat avec le consortium de la recherche marine allemand (KDM), pour mettre en œuvre une initiative phare de recherche et d'innovation dans l'Atlantique sud afin d'améliorer les connaissances scientifiques des écosystèmes marins, des liens entre les océans et les changements climatiques, des systèmes alimentaires et énergétiques, de la dynamique de l'océan Atlantique et de ses systèmes de circulation interconnectés. Un accord de partenariat (accord de Belém) a été signé entre la Commission européenne, le Brésil et l'Afrique du Sud à Lisbonne en juillet 2017. ■



36

PROJETS EUROPÉENS
HORIZON 2020



Une relation collaborative franco-allemande renforcée

L'Ifremer entretient des partenariats structurants dans le domaine des sciences et technologies marines avec des instituts de recherche et des universités allemandes, dont notamment AWI et Marum. En 2017, les trois instituts ont organisé un atelier permettant à leurs équipes d'échanger sur les sujets de collaboration pour lesquels il a été décidé d'allouer un financement sur appel à projets (voir l'interview du Prof. Dr. SCHULTZ). Un protocole d'entente (MoU) entre les trois instituts a été signé à l'issue de cet atelier.

Par ailleurs, dans le cadre de l'action CSA2 de l'initiative de programmation conjointe *JPI Oceans* et sur proposition du ministère allemand de la recherche (BMBF), plusieurs États membres ont lancé, le 1^{er} août 2017, un appel conjoint pour l'étude de l'impact environnemental de l'exploitation des nodules polymétalliques pour la zone Clarion-Clipperton. La France a sollicité les instituts de recherche: l'Ifremer a répondu positivement pour la représenter dans cette action avec le souci de mettre l'accent sur la compréhension des mécanismes environnementaux.



L'institut fait valoir les spécificités des sciences marines et leur importance en Europe.

Accord signé entre l'Ifremer et l'Agence japonaise de recherche sur les pêches (FRA)

Deux ans après la signature de l'accord entre l'Ifremer et FRA, les échanges ont donné lieu à la mise en œuvre concrète sur les terrains français (lagune de Thau) et japonais (baie d'Hiroshima) d'une initiative portant sur une thématique majeure de l'accord : la connaissance des dynamiques des écosystèmes côtiers en relation avec les cultures marines (ostréiculture) pour leur gestion intégrée.

Une première mission des scientifiques du FRA, consistant en des prélèvements dans la lagune de Thau, a eu lieu en juillet 2017. En retour, une mission de scientifiques de l'Ifremer a été

effectuée en octobre 2017 dans la baie d'Hiroshima. Ces missions ont permis de rassembler les bases de données françaises et japonaises disponibles depuis les années 1970 sur l'évolution temporelle de l'état écologique et des performances des coquillages en élevage dans la lagune de Thau et la mer intérieure de Seto, pour une comparaison du fonctionnement écologique des deux milieux côtiers.

Ces travaux ont été présentés lors du 17e colloque franco-japonais d'océanographie (Coast), à Bordeaux en novembre 2017, notamment sous l'égide du CNRS, de la Société franco-japonaise d'océanographie et de l'Ifremer. ■



Coopération internationale en Méditerranée

En tant que partenaire de l'Action de support et de coordination (CSA) Bluemed, l'Ifremer participe à l'établissement de la feuille de route de cette initiative, qui a pour objectif d'améliorer l'intégration des connaissances et la coordination des efforts pour favoriser la croissance bleue dans le bassin méditerranéen.

Pour Bluemed, l'année 2017 a été marquée par l'élargissement de l'initiative aux pays de l'Union pour la Méditerranée (UpM). L'Ifremer a par ailleurs organisé, avec le CNRS, en juillet à La Seyne-sur-mer, une réunion internationale sur les infrastructures de soutien à la recherche et l'innovation dans les domaines marins et maritimes en Méditerranée. En 2017,

l'Ifremer a aussi coordonné une tâche visant à obtenir un premier aperçu des stratégies et priorités des pays méditerranéens non membres de l'Union européenne dans ces domaines. C'est dans ce cadre que l'institut a organisé avec l'UpM un atelier Bluemed intitulé « Élaborer un agenda de recherche et d'innovation partagé pour l'emploi et la croissance bleue en Méditerranée » pendant la première conférence des parties prenantes de l'UpM sur l'Économie bleue (Naples, 29-30 novembre).

En 2017, l'Ifremer a aussi renforcé sa coopération avec le Maroc par la signature d'une convention-cadre de collaboration avec l'INRH (Institut national de recherche halieutique) à Casablanca en octobre 2017. Établie pour une durée de cinq ans, cette convention couvre un large éventail de thèmes, incluant la pêche et l'aquaculture, mais aussi l'instrumentation et la flotte océanographique. La collaboration porte également sur le transfert et l'adaptation à l'INRH de systèmes de gestion de données développés par l'Ifremer. ■



Signature d'une convention cadre de collaboration entre l'INRH (Maroc) et l'Ifremer, 12 octobre 2017

Interview

Michael SCHULZ

Directeur du Centre pour les sciences environnementales marines (Marum), université de Brême (Allemagne)



Michael SCHULZ est professeur de modélisation des géosystèmes à l'université de Brême. Il utilise des modèles mathématiques pour déterminer le rôle de l'océan dans le système climat. Ses recherches portent sur l'origine des variations climatiques de l'échelle millénaire à décennale. Il est aussi président de la Commission océanographique allemande (DFG), vice-président du Consortium de la recherche marine allemande (KDM) et a été coordonnateur principal pour le cinquième rapport du groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC).

Comment évaluez-vous la collaboration entre Marum et l'Ifremer ?

— Depuis plus de dix ans, nos deux instituts entretiennent des liens étroits et, au Marum, nous apprécions au plus haut point cette collaboration. L'Ifremer nous a grandement encouragés lors de la création de notre centre d'excellence ; nous avons entrepris des étapes ambitieuses pour opérer des équipements de grande ampleur en mer. Au fil des ans, nos relations dans le domaine des technologies sous-marines ont conduit à de nombreux projets communs et ont atteint, au-delà des aspects technologiques, un niveau bénéfique pour les deux partenaires. Une étude récente au Marum révèle un vaste réseau de collaborations avec l'Ifremer qui comprend tous les domaines de recherche de notre côté et qui inclut l'encadrement de doctorants et des campagnes à la mer communes. Je suis convaincu que l'étendue de cette collaboration fournit une base très solide pour de nombreuses activités futures.

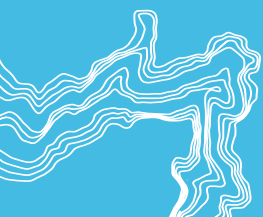
Un programme de partenariat a été lancé en 2017 pour des projets scientifiques communs entre Marum, AWI et l'Ifremer. Quelles en sont vos attentes ?

— Les trois instituts ont des profils de recherche hautement complémentaires permettant ainsi aux objectifs du programme de partenariat d'atteindre leur plein potentiel de synergies. Il est dans notre intention de promouvoir des idées prospectives afin de répondre à des questions de recherche qu'aucun des instituts partenaires ne serait capable d'aborder seul. Le premier appel à propositions a été bien perçu par les scientifiques des trois instituts et nous avons reçu un grand nombre de propositions innovantes. Vu ce succès, nous sommes désormais convaincus de l'intérêt de poursuivre le programme.

Comment envisagez-vous notre collaboration future dans le contexte des défis à l'échelle du globe ?

— Il est tout à fait encourageant de voir l'intérêt du grand public pour l'environnement marin s'intensifier depuis quelques années. L'existence de l'objectif de développement durable des Nations unies (ODD 14*) est un indicateur clair de la reconnaissance de cette prise de conscience. Cependant, j'ai parfois l'impression que les décideurs et le grand public n'arrivent pas à prendre la mesure de l'une des composantes essentielles de l'océan mondial que représentent les grands fonds. Bien qu'ils soient considérés comme un élément clé du système climat et comme une source potentielle de ressources, il est souvent moins bien connu que les grands fonds abritent les plus grands écosystèmes de notre planète. Cet environnement est exposé à des pressions croissantes. L'Ifremer et Marum ont plus que jamais besoin de joindre leurs efforts afin d'attirer l'attention sur cet environnement unique mais menacé.

* Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable



6

APPUI AUX POLITIQUES PUBLIQUES

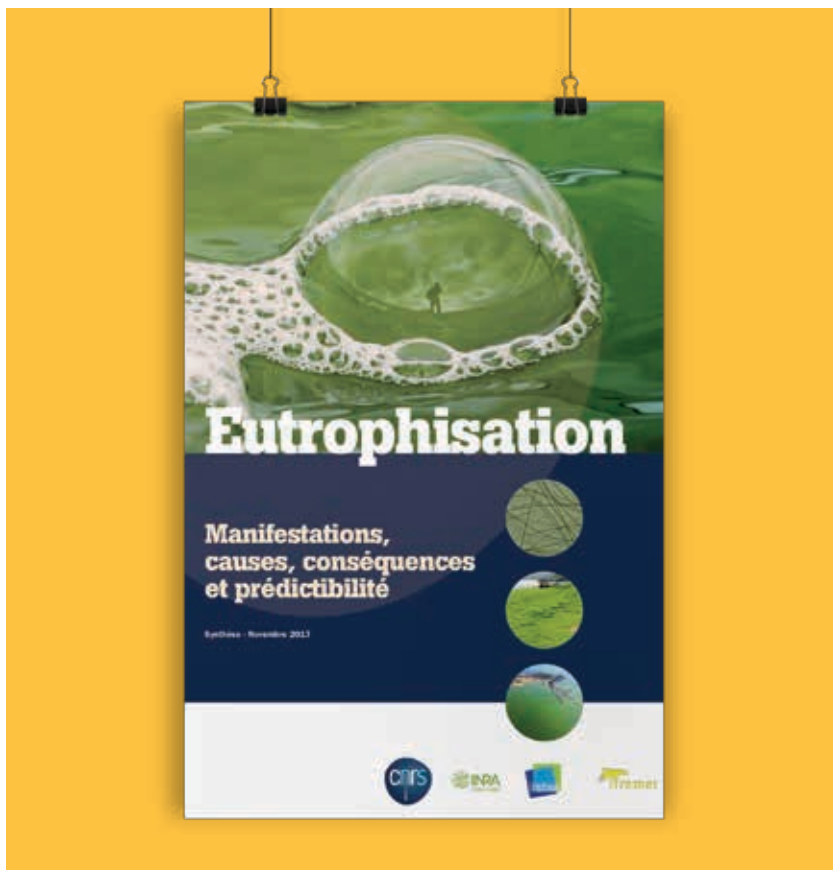
L'appui aux politiques publiques représente environ un tiers des activités de l'Ifremer. L'institut apporte son expertise à l'État dans la mise en œuvre des politiques maritimes (DCE, DCSMM, politique commune de la pêche de l'Union européenne - PCP, surveillance sanitaire et zoosanitaire, ressources minérales, biodiversité, etc.) et dans la prise de décision.

Cet appui est réalisé pour partie au sein des unités de recherche et repose, en matière d'observation et de surveillance de l'environnement et des ressources, sur les implantations de façade de l'institut. L'Ifremer a continué en 2017 à structurer ses actions d'appui aux politiques publiques en se centrant sur les activités en forte synergie avec ses activités de recherche, pour lesquelles une valeur ajoutée est avérée et, parallèlement, en transférant les activités de suivi éprouvées à d'autres opérateurs plus pertinents.

Une expertise scientifique collective sur l'eutrophisation (CNRS, INRA, Irstea et Ifremer)

Une expertise scientifique collective (ESCo) sur l'eutrophisation a été menée, à la demande du ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) et du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, sous la direction du CNRS et avec le soutien financier de l'agence française pour la biodiversité (AFB).

L'eutrophisation est un dérèglement du fonctionnement normal des écosystèmes aquatiques, qui advient quand certains écosystèmes sensibles sont trop enrichis en nutriments azotés et phosphorés par l'activité humaine. Ses manifestations les plus connues sont « les marées vertes » (proliférations de macro-algues vertes) ou « les eaux colorées ». L'eutrophisation engendre des perturbations majeures pour les écosystèmes aquatiques, tout en ayant une incidence sur la santé humaine et les activités économiques. Les controverses sur l'identification des facteurs de contrôle de ces dérèglements et des niveaux de richesse nutritive à ne pas dépasser sont à l'origine de la demande d'une expertise scientifique collective, qui puisse fournir aux pouvoirs publics un état des connaissances scientifiques sur lequel s'appuyer pour aider la décision politique. C'est le sens du rapport remis en septembre 2017. ■



Signature de l'accord-cadre avec France Filière Pêche

L'Ifremer et France Filière Pêche (FFP) ont signé, le 9 novembre 2017, le renouvellement de l'accord-cadre relatif au financement de projets entre scientifiques et pêcheurs.

Le premier accord-cadre, signé en 2012, s'est articulé autour de deux grandes thématiques : l'amélioration des connaissances des espèces et de leur environnement et la sélectivité des engins de pêche et la diminution des rejets. Il a permis le financement de quarante-deux projets, dont plus de la moitié ont été pilotés par l'Ifremer et/ou copilotés avec le Comité national des pêches

maritimes et des élevages marins (CNP-MEM). Les résultats de ces travaux scientifiques fournissent aux pêcheurs français les leviers nécessaires pour gérer de façon plus durable leurs activités de pêche, directement dépendantes de l'état de santé du milieu aquatique et de ses ressources. Le renouvellement de l'accord-cadre doit permettre de poursuivre ces actions de partenariat en vue d'évaluer l'état des stocks et l'impact de la pêche, d'améliorer la sélectivité des techniques de pêche, d'approfondir les connaissances sur la biologie des ressources ou encore de mieux appréhender les évolutions des écosystèmes. ■





À bord de L'Europe

Retour d'expérience sur la DCE

L'année 2017 a été l'occasion d'un grand retour d'expérience sur la mise en oeuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) en milieu littoral, lors d'un colloque organisé conjointement par l'Ifremer, le MTES (DEB) et l'AFB les 15 et 16 novembre.

Ces journées, très riches, ont permis de mettre en lumière les réussites liées à la mise en oeuvre de la DCE (développement de nouveaux indicateurs, caractérisation des masses d'eau, développements méthodologiques pour caractériser l'état d'un milieu ou l'impact d'une pression, bancarisation de données de qualité), ainsi que les développements attendus pour avancer sur les limites actuelles dans le cadre du prochain cycle de mise en oeuvre: nouvelles technologies ou outils de surveillance, mise en cohérence des indicateurs et des évaluations DCE et DCSMM. Ce travail de retour d'expérience a permis de poser les bases pour l'identification par le MTES des points à porter dans le cadre du réexamen annoncé de la DCE en 2019. ■

Préparation de l'évaluation 2018 de « l'état écologique des eaux marines »

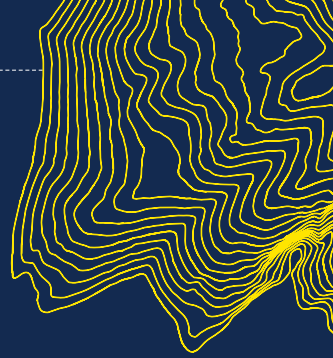
L'Ifremer, en coordination avec l'AFB et en soutien à la direction de l'eau et de la biodiversité du MTES, a poursuivi sa contribution pour la mise en oeuvre du deuxième cycle de la DCSMM et en particulier, la réalisation de la révision de l'évaluation initiale de 2012 (Évaluation 2018).

L'institut a notamment en charge la coordination du volet « État écologique » qui comprend l'évaluation de l'état du milieu marin, des pressions exercées sur celui-ci et de la distance au bon état écologique. Les niveaux de pressions subis par les enjeux écologiques sont

les bases de la construction, par façade maritime, d'objectifs environnementaux visant à atteindre le bon état écologique des eaux marines. Par rapport à 2012, l'Ifremer doit également contribuer à l'articulation entre la DCSMM et la directive-cadre Planification de l'espace maritime (DCPEM), qui implique que les éléments d'évaluation des eaux marines soient inclus dans les documents stratégiques de façade. L'ensemble des éléments attendus devraient être disponibles début 2018 et utilisés par les services déconcentrés de l'État pour les consultations qui seront engagées à partir du deuxième semestre 2018. ■



L'institut a notamment en charge la coordination du volet « État écologique » qui comprend l'évaluation de l'état du milieu marin, des pressions exercées sur celui-ci et de la distance au bon état écologique.



Interview

Patrick DEHAUMONT

Directeur général, direction générale de l'alimentation (DGAL),
ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation

Au 1^{er} janvier 2018, la mise en œuvre des réseaux de surveillance sanitaire (microbiologie et toxines marines) évolue. Comment la DGAL a-t-elle préparé cette évolution ?

La préparation de cette évolution s'est faite très en amont, dès la décision de transfert des missions de surveillance sanitaire. La première étape, réalisée conjointement entre la DGAL et l'Ifremer, a consisté à détailler et à formaliser, avec un grand degré de précision, les missions réalisées par l'Ifremer sur l'ensemble du littoral au cours des cinq dernières années. Dans un second temps, une concertation a eu lieu avec l'ensemble des parties concernées, services de l'État, laboratoires d'analyses et organisations professionnelles, afin de définir une nouvelle organisation efficace et opérationnelle.

Il a ainsi été acté de confier aux préfets de départements ces missions de surveillance sanitaire microbiologique et toxinique des coquillages, qui font partie des missions régaliennes de contrôle officiel. D'un point de vue opérationnel, les services déconcentrés (DDCSPP, directions départementales de la cohésion sociale et de la protection des populations et/ou DDTM, directions départementales des territoires et de la mer) signeront des conventions avec les laboratoires d'analyses départementaux qui réaliseront, ou sous-traiteront, les prélèvements et les analyses des coquillages.

Les professionnels pourront réaliser les prélèvements nécessitant des moyens nautiques particuliers. Cette nouvelle organisation place les services de l'État au cœur du dispositif de surveillance, tout en renforçant l'articulation entre le classement, la surveillance et la gestion des zones de production.

Quelle est votre attente vis-à-vis de l'Ifremer dans ce nouveau schéma d'organisation ?

De par sa connaissance du milieu marin et son expérience en matière de surveillance sanitaire, l'Ifremer devra maintenir un rôle d'appui et d'expertise. L'Institut assurera donc une assistance à maîtrise d'ouvrage à la DGAL et aux services déconcentrés, allant de l'élaboration des stratégies nationales de surveillance, à l'assistance des opérateurs de prélèvements et au suivi de la mise en œuvre du dispositif de surveillance sanitaire. D'une manière générale, l'Ifremer reste le référent privilégié de la DGAL en matière d'appui scientifique et technique, à la fois au niveau national et au niveau local. Les actions de maîtrise d'œuvre relatives aux études sanitaires de zones, à la surveillance phytoplanctonique (Réphy), à la veille d'émergence des biotoxines marines, ainsi qu'au réseau de surveillance des contaminants chimiques (Rocch), qui nécessitent un expertise poussée, restent assurées par l'Ifremer.

Les dispositifs de surveillances sanitaire et zoonitaire ont-ils vocation à converger à moyen ou à long-terme ?

Les deux réseaux (sanitaire et zoonitaire) répondent à des objectifs et à un contexte réglementaire totalement différents. Cependant, ces deux dispositifs étant aujourd'hui pilotés par les préfets de départements, les surveillances zoonitaire et sanitaire pourront peut-être à l'avenir être abordées localement de façon globale. Cela permettrait un pilotage plus rationnel des dispositifs de surveillance autour des différents intervenants de la filière (État, Ifremer, réseaux sanitaires professionnels, laboratoires). Par ailleurs, en 2019, le dispositif de surveillance zoonitaire est également appelé à évoluer en direction d'un recentrage du rôle de l'Ifremer sur l'aide à maîtrise d'ouvrage. Courant 2018, l'Ifremer sera partie prenante dans la conception du nouveau dispositif et dans l'accompagnement des services pendant la période de transition.



7

VALORISATION ET PARTENARIATS ÉCONOMIQUES

L'Ifremer a pour ambition de contribuer au développement économique par la valorisation économique de ses travaux, et par leur transfert vers le secteur socio-économique. Cette ambition se traduit notamment par la mise en place de contrats de collaboration, de licence ou de prestation, avec de jeunes entreprises, PME et grands-groupes.

En 2017, au-delà du maintien des relations avec ses entreprises partenaires « historiques », l'institut a renforcé sa position de partenaire privilégié du monde industriel dans les sciences et technologies marines. Il a également poursuivi l'accompagnement de jeunes entreprises innovantes dans la maturation de leurs technologies, pour les aider à atteindre leur marché ou à en créer de nouveaux.

En complément de cette activité opérationnelle, une réflexion a été lancée afin de construire une démarche en amont, incitant les chercheurs à s'interroger le plus tôt possible sur l'utilisation de leurs recherches et des incidences de celles-ci sur le monde économique (aussi bien que sur les politiques publiques), pour se projeter et regarder au-delà des besoins stricts actuels de l'Ifremer.

La dynamique de colonisation des sites hydrothermaux

L'Ifremer contribue depuis de nombreuses années à la compréhension des écosystèmes des grandes profondeurs. Sur la période 2017-2020, Statoil R&D s'est associé à l'Ifremer dans un projet européen (Merces*) visant l'acquisition de connaissances fondamentales sur les environnements profonds.

Le projet a pour objectif de mieux comprendre la résilience des écosystèmes hydrothermaux, notamment la dynamique de colonisation et la connectivité écologique le long du gradient d'activité hydrothermale.

Dans le cadre de cette collaboration, l'Ifremer étudiera la dynamique de colonisation de la faune hydrothermale suite à son élimination expérimentale sur une surface donnée (défaunation), afin d'étudier la capacité de régénération naturelle des écosystèmes hydrothermaux. Les équipes se focaliseront également sur la distribution spatiale de la faune au niveau des monts de sulfure le long d'un gradient d'activité hydrothermale, depuis les sites inactifs jusqu'aux sites actifs en passant par des zones périphériques.

De nouvelles informations sont attendues sur les mécanismes de colonisation/recolonisation des sites actifs et inactifs, sur l'étendue de l'influence hydrothermale sur la faune et la chimie des sédiments des grands fonds et sur les liens fonctionnels existants. Elles pourront, à terme, aider à limiter les impacts environnementaux d'une exploitation des ressources des grands fonds et permettre la mise en place d'actions de restauration. ■

* *Marine Ecological Restoration in Changing European Seas*



Des poulies et cordages innovants

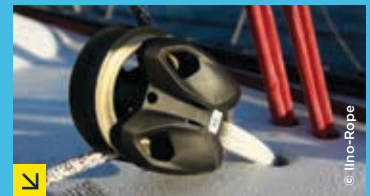
Le laboratoire Comportement des structures en mer de l'Ifremer est spécialisé dans la connaissance et le vieillissement des matériaux composites, des élastomères, des cordages et des adhésifs utilisés en mer.

L'entreprise Ino-Rope développe des produits innovants pour la pratique de la voile, en course comme en croisière. Elle propose notamment des poulies à axe textile associant des fibres de polyéthylène HMPE (à module d'élasticité élevé) ultra-glissantes et un anneau d'aluminium traité pour une très faible friction.

Ces fibres et cordages de polyéthylène HMPE montrent des propriétés exceptionnelles (faible poids, résistance très élevée) et remplacent les câbles en acier dans de nombreuses applications marines. L'Ifremer utilise des cordages avec ces fibres depuis

2010 pour la manutention par grands fonds sur le navire *Pourquoi pas ?*.

Afin d'adapter les poulies d'Ino-Rope, particulièrement fiables, à d'autres domaines d'application et d'améliorer encore leur performance, l'entreprise a souhaité collaborer, dans le cadre d'une thèse Cifre avec l'Ifremer et l'ÉNSTA Bretagne. Le but de ce travail est d'optimiser le rendement de ces matériaux, pour des poulies textiles ou des câbles de manutention et, donc, de connaître leur comportement et de prédire leur durée de vie.



Une poulie à axe textile « Ino-Rope »

Convertir l'énergie des courants marins en électricité

L'Ifremer est régulièrement sollicité pour ses moyens d'essais et son expertise en hydrodynamique appliquée aux énergies marines renouvelables.

Depuis plusieurs années, l'institut est fortement impliqué dans les travaux de recherche et développement pour la mise au point de la technologie de l'hydrolienne EEL. Cette entreprise a pour objectif de développer et exploiter une

hydrolienne à membrane ondulante pour produire de l'électricité à partir des courants marins ou fluviaux.

Actuellement, les équipes de l'Ifremer travaillent sur projet avec EEL Energy et Hutchinson, pour le développement d'un démonstrateur d'une puissance potentielle de l'ordre du mégawatt. L'objectif est de produire un prototype à l'échelle 1 en 2020.

Les équipes ont réalisé des études expérimentales et numériques et ont simulé le comportement mécanique et hydrodynamique de l'ensemble du dispositif. Le dimensionnement en fatigue de la membrane a été obtenu grâce à des tests mécaniques réalisés au centre Ifremer de Bretagne. Les développements de modèles analytiques et numériques ont été validés suite aux essais sur une maquette à l'échelle 1/20 dans le bassin à houle et courant du centre Manche-mer du Nord de l'Ifremer. La production d'énergie électrique à partir des convertisseurs d'énergie de moyenne puissance (de l'ordre du kilowatt) a également été testée sur un prototype à l'échelle 1/6, mais avec des effets de confinement non négligeables.

Les résultats obtenus ont été suffisamment prometteurs pour lancer les premiers tests en mer en décembre 2017. Ces essais tractés en rade de Brest représentent une étape clé du projet et serviront pour le développement du prototype, dont la phase de conception a déjà démarré. ■



Tests du prototype de la membrane ondulante à l'échelle 1/6^e en rade de Brest

8

COMMUNICATION

Les liens entre science et société sont au cœur des préoccupations de l'Ifremer. En particulier, la promotion de la culture scientifique en sciences marines fait partie des priorités de l'institut.

Expositions et conférences

L'Ifremer a participé à plusieurs expositions d'envergure, en prêtant des images et en assurant un conseil scientifique pour *Aventures océanographiques* à l'aquarium tropical de la Porte Dorée à Paris, et *Milieus extrêmes* à l'Espace Mendès-France de Poitiers.



Fête de la Science 2017 à Brest
© Ifremer/J. Burdallet

Plusieurs conventions de partenariats ont également été signées avec Université, la Cité de la Mer à Cherbourg et Nausicaa à Boulogne-sur-mer, pour des expositions permanentes qui débiteront en 2018.

L'Ifremer a organisé, comme depuis de nombreuses années, un cycle de conférences au centre Ifremer de Bretagne sur des thématiques qui intéressent le grand public : biodiversité, réchauffement climatique, pêche, grands fonds, etc. L'accent a également été mis sur la médiation scientifique auprès des scolaires, avec l'accueil de nombreuses classes d'élèves de primaire et secondaire : le centre Ifremer de Bretagne a ainsi accueilli cent-quatre-vingt-dix lycéens et leurs enseignants pour promouvoir les « sciences marines au féminin » lors de la Journée internationale des femmes, le 8 mars. En octobre, l'unité de recherche Géosciences marines a présenté, au travers d'ateliers, les richesses de la géologie sous-marine, à six classes lors du symposium MarFluid. ■

Lumexplore Junior

Dans le cadre du Festival de l'exploration scientifique et environnementale Lumexplore, l'Ifremer s'est associé à la Société des explorateurs français et à l'Eden, théâtre de La Ciotat, pour créer le concours Lumexplore Junior, avec la participation des académies de Montpellier, d'Aix-Marseille et de Nice.

Les équipes de lycéens et collégiens étaient invités à réaliser un court-métrage sur des questions scientifiques et environnementales. Cette initiative pédagogique a pour but de susciter des vocations chez les plus jeunes, dans les domaines scientifiques, technologiques ou journalistiques. ■



Concours Lumexplore Junior, La Ciotat
© Ifremer/P. Gontier

Contribution soutenue à l'audiovisuel

L'année 2017 a été particulièrement riche pour l'audiovisuel.

Outre la participation des scientifiques à de nombreux tournages pour des émissions ou des journaux télévisés sur les grandes chaînes nationales (TF1, France 5, émissions *Télématin* sur France 2, *Thalassa* sur France 3, *Xenius* sur Arte), l'Ifremer a également participé à deux séries de vidéos pour promouvoir le métier de chercheur :

- Pourquoi cherchez-vous ?, une série entre arts et science, qui remonte aux origines de la vocation du chercheur, écrite et réalisée par Geneviève ANHOURY et diffusée sur *Le Monde* et *Universcience*.
- L'étincelle, un programme diffusé tous les jours sur France 3 pendant la Fête de la science, dans lequel des scientifiques expliquent comment, dans leurs travaux de recherche, a jailli l'étincelle !

Un documentaire en deux parties, *Un voyage au fil du Gulf Stream*, du réalisateur allemand Rolf LAMBERT, a été diffusé en mars 2017 sur Arte. L'institut, ses chercheurs et ses engins, y sont particulièrement représentés.

En interne, le pôle audiovisuel a par ailleurs lancé une série web, « *It's Sea Time* », consacrée au quotidien des scientifiques de l'Ifremer, avec une trentaine de reportages réalisés sur les façades Bretagne, Atlantique et Méditerranée.

Enfin, la campagne Videocor 1 (mai 2017) a permis l'acquisition de photos et vidéos exceptionnelles des écosystèmes de coraux d'eau froide en Méditerranée. ■

Grands fonds, microplastiques et micro-algues au cœur des sciences participatives

Le jeu « Espion des grands fonds » (*Deep Sea Spy*), lancé par le laboratoire Environnement profond, invite les internautes à découvrir la faune hydrothermale vivant à près de 2 000 mètres de profondeur. L'objectif consiste à annoter des milliers d'images prises par des observatoires de fond de mer et ainsi contribuer aux recherches du laboratoire (voir chapitre Les grands fonds océaniques). Plus de 10 000 joueurs ont d'ores et déjà participé !

« Enquête de sable » est une opération de science participative qui a réuni près de trois cents participants sur les plages de Roquebrune-sur-Argens, Lacanau et

Évènements grand public : les chercheurs à l'honneur !

Dans la nuit du vendredi 29 septembre à Océanopolis à Brest, près de 4 000 visiteurs sont venus découvrir la diversité du monde de la recherche au cours de la douzième Nuit européenne des chercheurs sur le thème *Impossible ?*. Deux stands étaient animés par les doctorants et chercheurs des laboratoires Écologie benthique côtière et Microbiologie des environnements extrêmes sur les travaux menés autour de la crépidule (mollusque gastéropode qui prolifère sur le littoral nord-Atlantique) et des microorganismes des abysses.

Paris, Brest, Dinard, Lorient, Nantes, Boulogne-sur-mer, La Seyne-sur-mer, la Martinique, Tahiti, la Nouvelle-Calédonie...

Cette année encore, les scientifiques de l'Ifremer se sont largement impliqués dans l'événement national de la Fête de la science. Ils ont su partager, rendre accessibles leurs travaux et transmettre leur passion au grand public. Ainsi, à Brest, l'unité Géosciences marines a été mobilisée au Quartz, où plus de 7 000 curieux et passionnés de science se sont rendus pendant les quatre jours de l'événement. À Paris, pour la deuxième année consécutive, l'Ifremer s'est associé à l'Esprit sorcier et à quinze autres établissements de recherche pour investir la Cité des Sciences et de l'Industrie. Pendant trois jours festifs et pédagogiques, les chercheurs ont présenté expériences, sujets de recherche et objets mystères au public. ■



Des ouvrages marins aux Éditions Quae

L'Ifremer, avec le Cirad, l'INRA et Irstea, est l'un des quatre instituts fondateurs des éditions Quae.

Parmi les ouvrages publiés en 2017, illustrant la diversité des facettes du milieu marin : *Un océan de promesses*, *Atlas de l'archipel de Molène (géologie)*, *Biodégradation des matériaux : quels risques pour l'environnement ?* Dans la collection « Clés pour comprendre » : *Les huîtres*, *Les tortues marines*, *Les marées vertes*.



990 910

VISITES SUR LE SITE INSTITUTIONNEL



9418

FOLLOWERS



5437

ABONNÉS

9

ACCOMPAGNEMENT ET SOUTIEN À LA RECHERCHE

En 2017, l'Ifremer a poursuivi son action pour renforcer l'efficacité et la cohérence des pratiques au sein de l'institut, son système de management de la qualité et son dispositif en matière d'éthique et de déontologie. 2017 a également été une année de changement majeur en matière d'administration, de gestion et de finances.

Dialogue social

L'année 2017 a été marquée par la signature de deux accords d'entreprise.

L'accord salarial

Outre la reconduction des dispositifs antérieurs relatifs aux mesures générales, avancements et promotions, l'Ifremer a mis en place une nouvelle mesure salariale au titre de l'année 2017, renforçant encore la volonté de dynamiser sa politique de rémunération. Il s'agit d'une prime exceptionnelle d'un montant de 750 euros brut, attribuée aux collaborateurs ayant fait preuve d'une implication, d'une contribution, d'une réalisation ou d'un résultat exceptionnels au cours de l'année 2016. Plus d'une centaine de salariés ont bénéficié de cette prime.

L'accord relatif aux modalités de consultation des instances représentatives du personnel au sein de l'unité économique et sociale Ifremer/Genavir

Les partenaires sociaux de l'institut se sont saisis de la possibilité, offerte par la loi du 17 août 2015 relative au dialogue social et à l'emploi, dite «loi Rebsamen», d'organiser - par la négociation d'un accord d'entreprise - les modalités de consultation des instances représentatives du personnel. Dans ce contexte, des délais de consultation ont été négociés pour le Comité central d'entreprise et les instances locales (CE et CHSCT locaux), ainsi que les principes de répartition des rôles entre les instances centrales et locales.

En 2017, l'Ifremer a également organisé le renouvellement de plusieurs instances de représentation du personnel, en ayant recours pour la première fois au dispositif de vote électronique, mis en œuvre aussi bien pour les électeurs de métropole, d'outre-mer que pour les équipes embarquées à l'occasion de campagnes en mer.

Ainsi, dans le cadre de l'unité économique et sociale Ifremer/Genavir, les mandats de cinquante-deux élus dans les différents comités d'établissement et de cinquante-neuf délégués du personnel ont été renouvelés.

De même, les trois sièges titulaires (et trois suppléants) de représentants du personnel au sein du comité scientifique de l'institut ont été renouvelés. ■

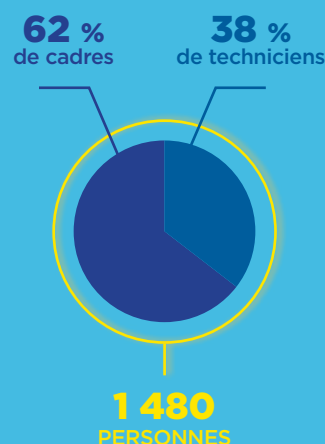


Les effectifs de l'Ifremer

L'effectif total de l'institut, au 31 décembre 2017, compte 1 480 salariés, dont 161 contrats à durée déterminée. La répartition entre cadres et techniciens est de 62 % de cadres et 38 % de techniciens.

Parmi les nouveaux embauchés, 69 % sont des cadres et 53 % sont des femmes.

La proportion de femmes, qui représentent 46 % de la population totale, reste similaire à celle de l'année précédente, grâce à une exacte parité des recrutements de cadres et à une majorité de recrutements de femmes parmi les techniciens.



Recrutement et moyens associés

Tout en s'attachant à la nécessaire maîtrise de sa masse salariale, l'Ifremer a connu, en 2017, un nombre important de recrutements en contrats à durée indéterminée.

En effet, quatre-vingt-neuf recrutements de nouveaux collaborateurs ont été réalisés (dont 69 % de cadres). Ces recrutements ont concerné majoritairement le cœur de métier de l'institut : 62 % de scientifiques, dont 46 % de chercheurs.

Les fonctions support ont également accueilli une large proportion de nouveaux collaborateurs (38 % du total des recrutements), notamment pour préparer le transfert du siège et accompagner la nouvelle organisation de la DAJF.

Parallèlement à ces recrutements externes, l'Ifremer a poursuivi sa promotion de la mobilité interne, en renforçant la possibilité offerte à ses salariés de faire évoluer leur carrière professionnelle. Vingt-deux collaborateurs ont ainsi bénéficié d'une mobilité interne vers un autre poste.

Processus de recrutement et nouveau site « Carrières à l'Ifremer »

Une révision du dispositif de recrutement a été mise en œuvre, début 2017, dans le but de rendre le processus transparent, rapide, équitable et professionnel.

La conduite de la campagne de recrutement de l'année 2017 a ainsi été accompagnée d'un nouveau guide de recrutement à destination des managers et de l'ensemble des recruteurs internes, d'une centralisation du budget de recrutement et d'un élargissement des canaux de diffusion des annonces en France et à l'international.

Depuis juin 2017, l'institut dispose sur son site internet d'un nouvel espace « Carrières à l'Ifremer » : ifremer.jobs.net, qui s'inscrit dans une volonté d'optimiser la phase recrutement et de renforcer sa marque employeur.

Les nouveautés offertes par le site Carrières permettent à l'Ifremer de :

- mieux interagir avec les candidats et gagner en efficacité dans les processus de recrutement et de suivi ;
- simplifier le dépôt des candidatures ;
- créer de nouveaux espaces, tels qu'une rubrique dédiée aux candidatures spontanées de stages ou également un lien avec la rubrique dédiée aux bourses de recherche. ■

2017, une année de changement majeur en matière d'administration, gestion et finances

Trois faits importants ont marqué l'exercice 2017 :

- la mise en place de la gestion budgétaire et comptable publique (GBCP) ;
- la refonte de l'organisation de la direction administrative, juridique et financière (DAJF) ;
- l'entrée en vigueur du système d'information budgétaire et financier de l'institut (progiciel de gestion intégrée ou PGI).

La mise en place du PGI

Après plusieurs années de préparation, le volet budgétaire et financier du PGI de l'Ifremer a été mis en service au début de l'exercice 2017. Il repose sur les fonctionnalités suivantes :

- le cycle d'achats complètement intégré : de l'expression du besoin au paiement du fournisseur ;
- la gestion budgétaire (prévisionnelle et réalisée) des projets menés par l'institut ;
- la gestion budgétaire (prévisionnelle et réalisée) des structures (départements de recherche, centres, directions fonctionnelles) ;
- la tenue de la comptabilité de l'institut.

À la fin de l'exercice, le système est globalement opérationnel, même si certaines fonctionnalités doivent encore être améliorées et si le plein bénéfice du nouveau dispositif devra se concrétiser en 2018 et au-delà. La mise en place de cet outil a fortement modifié les pratiques administratives de l'institut : toutes les dépenses doivent ainsi suivre un circuit strictement balisé et contrôlé, que chacun a dû

s'approprier à son niveau et selon ses responsabilités. La mise en œuvre a été difficile sur les neuf premiers mois de l'année, quelques dossiers complexes devant encore voir leur résolution courant 2018.

Il convient de noter l'effort important de tous les salariés de l'institut pour s'approprier ce nouvel outil, aidés en ce sens par la mise en place d'un portail d'accès ergonomique et facile d'utilisation.

La mise en place de la gestion budgétaire et comptable publique

Ce nouvel outil permet également la gestion de l'institut selon les règles édictées par le décret n° 2012-1246 relatif à la GBCP.

Le budget initial 2017 avait été partiellement établi sous le nouveau format. Le rapportage des activités a été entièrement élaboré selon les nouveaux critères. Il a ainsi été possible d'initier un pilotage des autorisation d'engagements (AE) et des crédits de paiements (CP) de l'institut au cours de l'exercice, ce qui a permis l'élaboration du budget initial 2018 entièrement sous le format GBCP.

La refonte de la sphère juridique et financière de l'Ifremer

Enfin, pour accompagner et faire vivre ces outils, la direction des affaires financières et la direction juridique ont été fondues, le 1^{er} janvier 2017, en une structure unique adaptée aux nouvelles exigences. ■

55

PERSONNES FORMÉES
EN ALTERNANCE EN 2017

27

VOLONTAIRES
EN SERVICE CIVIQUE
EN OUTRE-MER

Développement durable et responsabilité sociétale

En 2017, la démarche Développement durable a trouvé deux points d'accroches très concrets : d'une part, dans le projet de construction du siège de l'institut sur le centre Ifremer de Bretagne, d'autre part, dans une analyse des publications de l'institut en lien avec les concepts de développement durable et de responsabilité sociétale (RSE).

Pour ce qui concerne le projet immobilier du siège, le maître d'œuvre s'engage à maintenir en équilibre les quatre domaines de la responsabilité sociétale suivants : social (fonctionnalité, qualité d'usage, codes sociaux), économique (coûts d'investissement, coûts directs et indirects, coût global), environnemental (ressources, énergies, rejets, confort, qualité sanitaire) et sociétal (conditions de travail, clause d'insertion professionnelle).

Quant à la contribution des travaux de recherche de l'institut au développement durable et à la responsabilité sociétale de l'institut à travers les publications, on peut constater que, pour l'année 2016 : plus de 21% des articles publiés de l'institut (indexés par Web of Science) peuvent être associés au domaine du développement durable, la part de ces publications associée aux notions de gouvernance, environnement, économie et social relevant de RSE étant proche de 30 %. Dans ce cadre, de même qu'au plan européen et mondial, les thématiques de l'économie et la biodiversité prédominent. ■



Accompagnement des salariés dans le cadre du transfert du siège social

L'accord de mobilité spécifique au transfert du siège social sur le site du centre Ifremer de Bretagne, signé en 2016 avec les organisations syndicales, a été pleinement mis en œuvre tout au long de l'année 2017.

L'accompagnement des salariés concernés dans leur recherche d'emploi par un cabinet spécialisé, ainsi que la coordination active du réseau RH des établissements publics (notamment dans le domaine de l'enseignement supérieur et de

la recherche) ont d'ores et déjà permis à près de trente collaborateurs de se repositionner professionnellement soit au sein de l'Ifremer, soit dans les organismes de la sphère publique, soit dans d'autres entreprises.

L'institut poursuivra ce travail d'aide au reclassement et mettra tout en œuvre en 2018, dans la perspective de trouver une solution à chacun, en apportant un soutien financier et humain, en vue de l'échéance du 1^{er} janvier 2019.

Interview Léa EDIN

Ifremer, pôle Accompagnement,
cellule de gestion financière de projets, DAJF



Ifremer s'engage fortement dans la formation des jeunes talents de demain. Le secteur de la recherche est évidemment porteur, avec vingt-cinq post-doctorants salariés et quatre-vingt-quatre doctorants salariés présents en fin d'année 2017. L'institut accueillait également outre-mer, au 31 décembre 2017, vingt-sept volontaires de service civique. Enfin, au plus fort de l'année, Ifremer a formé jusqu'à cinquante-cinq personnes en alternance qui préparaient des diplômes allant du brevet de technicien supérieur à l'école d'ingénieur. Léa EDIN, embauchée à Ifremer après son contrat de professionnalisation en 2015, nous parle de son expérience.

Quels sont votre parcours et vos choix liés à votre projet professionnel ?

— Après un IUT en Gestion des entreprises et des administrations, je me suis spécialisée en finance-comptabilité par l'obtention d'une licence en économie-gestion en 2014 à l'Institut d'administration des entreprises de Brest, et j'ai suivi un Master en Système d'information et contrôle de gestion (SICG). Tout au long de ma formation, j'ai eu l'opportunité de faire des stages, à l'étranger ou en France, dans le privé ou le secteur public ; ils m'ont permis de préciser mon choix de formation et la direction que je voulais donner à ma vie professionnelle.

Pourquoi avez-vous choisi une formation en alternance et à Ifremer ?

— L'objectif pour moi était de commencer dans la vie active avec un bagage professionnel plus conséquent que la majorité des diplômés, tout en ayant effectué une mission au sein d'une entreprise structurée et reconnue. Entre mes différents stages et mon année d'alternance, l'expérience emmagasinée était un vrai plus !

En 2014, pour mon stage de Licence, je cherchais une structure qui me proposerait avant tout des missions intéressantes. Bretonne et brestoise de surcroît, « Ifremer » sonnait pour moi comme une évidence parmi les entreprises à contacter. Ifremer est dotée d'une notoriété à l'international avec des salariés reconnus pour leurs expertises. Les missions qu'on me proposerait ne pouvaient donc être qu'enrichissantes, d'un point de vue professionnel, mais également pour ma propre culture. Après mon stage de Licence dans le service des affaires financières de l'institut, j'ai été incitée à postuler pour mon stage de Master 1 et c'est tout naturellement que j'ai envoyé ma candidature spontanée via le site de la DRH pour réaliser mon contrat de professionnalisation.

Quelles ont été vos missions à Ifremer, ont-elles répondu à vos attentes et, selon vous, aux attentes de votre structure d'accueil ?

— Au début de mon contrat en 2015, la direction des Affaires financières était en pleine finalisation du nouvel outil de gestion SAP : j'ai intégré le groupe de travail mettant en place la nomenclature des achats et on m'a également confié la gestion financière des immobilisations de l'institut et l'établissement des fiches « Schémas pluriannuels de stratégie immobilière (SPSI) » de ses différents centres. Grâce à ma jeunesse, j'ai apporté du dynamisme et, par ma curiosité, beaucoup de questions, ce qui n'a pas été de tout repos pour mon tuteur que je remercie à nouveau pour ses conseils et son écoute. Finalement, je crois que la satisfaction était grande et partagée.

Où en êtes-vous aujourd'hui ?

— Je suis arrivée au sein de l'institut en pleine période de réorganisation administrative, de déménagement du siège, avec des ouvertures de postes vers la fin de mon contrat. J'ai donc postulé sur un poste de gestionnaire administratif et financier de projets. Après une mission en CDD prévue pour un an à compter de septembre 2016, j'ai finalement, à ma grande satisfaction, été embauchée en durée indéterminée dès février 2017 !

Je ne regrette pas d'avoir choisi Ifremer pour réaliser mon stage dès 2014, puis ensuite mon contrat d'alternance, qui est un échange « gagnant-gagnant » : pour l'entreprise d'abord, qui forme son futur employé à ses méthodes de travail et a le temps de cerner son potentiel, pour l'étudiant ensuite, qui se familiarise ainsi avec la vie professionnelle. Dans mon cas, embauchée au sein de la structure, j'ai été directement opérationnelle.

À l'heure actuelle, mes collègues administratifs apprécient mon dynamisme, les salariés mon sérieux et mon implication dans les projets dont j'ai la gestion. Je suis très heureuse de faire partie de la « famille » Ifremer.

Qualité

Après cinq années d'existence, le système qualité de l'Ifremer s'est simplifié en 2017 pour s'adapter à de nouvelles exigences. En effet, la transition du système pour répondre à la nouvelle version 2015 de la norme ISO 9001, décidée en avril 2016, a été mise en œuvre sur la base des objectifs de simplification, d'identification des risques et des opportunités et du renforcement de l'implication de l'encadrement.

L'organisation du nouveau système qualité repose désormais sur quatorze processus dont un processus de management, huit processus de réalisation et cinq processus support. La description de chacun d'entre eux a fait l'objet d'une actualisation pour tenir compte des évolutions internes constatées depuis 2011 et des nouvelles exigences du référentiel, notamment l'identification des risques et opportunités associés. Les indicateurs du système qualité ont été révisés et leur nombre réduit ; ils permettent aussi de couvrir les objectifs du contrat d'objectifs 2014-2018.

Les axes de la politique qualité

La déclaration de politique qualité identifie désormais quatre axes :

- assurer la fiabilité et la traçabilité des activités de l'institut ;
- promouvoir une plus grande rigueur sur la base de méthodes intégrées et partagées dans la gestion des projets scientifiques, technologiques et fonctionnels ;
- mieux anticiper, notamment via l'approche risques, les évolutions nécessaires pour accroître en permanence l'efficacité ;
- renforcer l'harmonisation et le partage des pratiques sur tous les sites et dans toutes les composantes de l'institut.

Le passage à la version 2015 de la norme ISO 9001

L'audit externe de surveillance s'est déroulé en novembre 2017 sur la base de la nouvelle norme ISO 9001 : 2015. Les résultats ont été jugés très satisfaisants par l'auditeur mandaté par l'Afnor, qui a souligné la maîtrise des processus, l'engagement de la direction générale et les nombreux outils mis en œuvre dans le

système. Aucune non-conformité n'a été relevée. Les quatre points sensibles résultant de l'audit précédent ont été clos. Deux nouveaux points sensibles liés à la gestion documentaire dans le nouveau référentiel et dix-neuf pistes de progrès ont été identifiées. Parallèlement, vingt-trois points forts du système qualité Ifremer ont été relevés. En conséquence, le certificat de l'Ifremer est maintenu. Le logotype apparaît désormais sur les supports de communication interne et externe de l'institut. ■



Éthique et déontologie

En 2017, l'institut a démarré une réflexion, au sein d'AllEnvi pour explorer la nécessité de mettre en place un comité inter-organismes d'approbation éthique (de type IRB : International Review Board). L'objectif est de certifier les projets de recherche avant soumission, étape qui devient indispensable en sciences environnementales pour répondre aux appels à projets des agences de financement et publier des résultats scientifiques auprès d'un nombre croissant d'éditeurs.

Le comité d'éthique INRA-Cirad-Ifremer a finalisé une première saisine concernant les implications éthiques des accords de 2015, le programme de développement durable des Nations Unies (avec ses dix-sept objectifs de développement durable – ODD), et l'accord de Paris sur le climat. La seconde saisine portant sur les implications éthiques résultant des nouvelles techniques d'amélioration génétique des plantes est en cours de finalisation.

Charte de déontologie de l'Ifremer

En matière de déontologie et d'intégrité, la démarche de l'Ifremer, décrite dans la Charte de déontologie de la recherche à

l'Ifremer, en vigueur depuis le 1^{er} janvier 2017, vise avant tout, à rappeler leurs responsabilités à tous ceux qui contribuent aux activités de l'Ifremer : celles des décideurs dans leurs activités de gestion de l'institut et des encadrants (y compris des encadrants d'étudiants) et celles des chercheurs dans la conduite et la publication de leurs travaux scientifiques, y compris d'expertise.

En complément de cette charte, l'Ifremer s'est enrichi de nouveaux documents de référence.

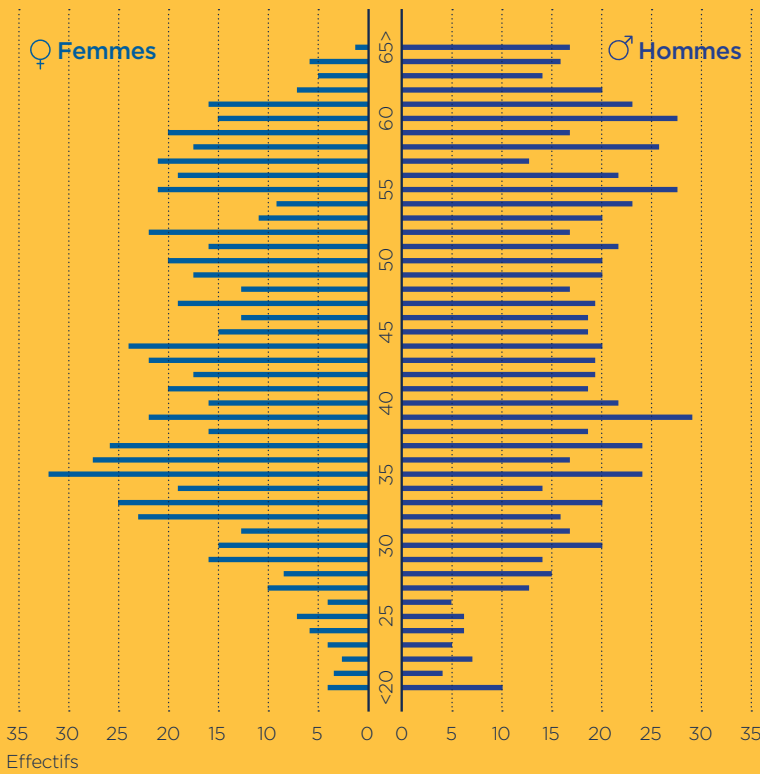
- La charte des doctorants décrit les engagements des directeurs ou co-encadrants Ifremer à l'égard des doctorants sous contrat ou co-financés par l'institut, ainsi que les engagements pris par les doctorants eux-mêmes.
- Les critères de signatures des documents rappellent aux chercheurs les qualités attendues de l'auteur d'une publication : contribution intellectuelle significative à la conception du projet et à l'acquisition des résultats, contribution à la rédaction de l'article et capacité à défendre tout ou partie du contenu de l'article et d'en assurer l'exactitude.
- La charte de l'expertise et de l'avis a été largement refondue pour intégrer les exigences en matière de déontologie

ainsi que les réflexions menées dans le cadre du processus qualité P9 (Produire des expertises et fournir des avis). Une attestation d'absence de liens d'intérêt a été mise en place.

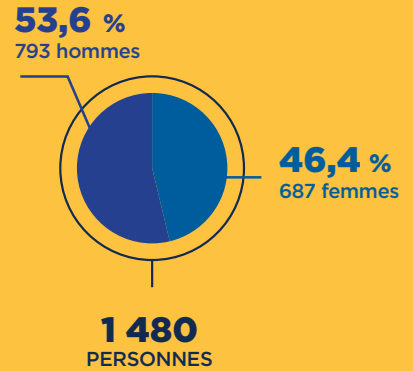
Pour sensibiliser le personnel à toutes ces actions, ces documents de référence ont été présentés aux responsables d'unités des départements scientifiques, afin qu'ils en assurent la diffusion auprès de leurs équipes. Un site intranet dédié a également été mis en ligne.

La déléguée à la déontologie et à l'intégrité, placée auprès de la présidence de l'institut, assure la conception, la mise en œuvre et le suivi de cette démarche, hors le comité d'éthique qui est du ressort de la direction scientifique. Elle peut être consultée par le personnel de l'institut pour instruire toute question relative à la déontologie ou à l'intégrité scientifique. ■

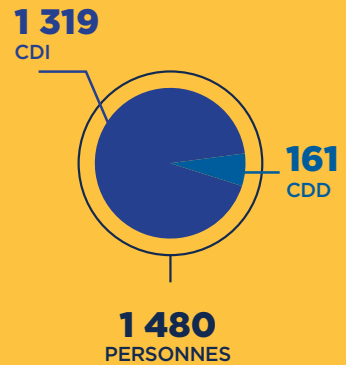
— PYRAMIDE DES ÂGES



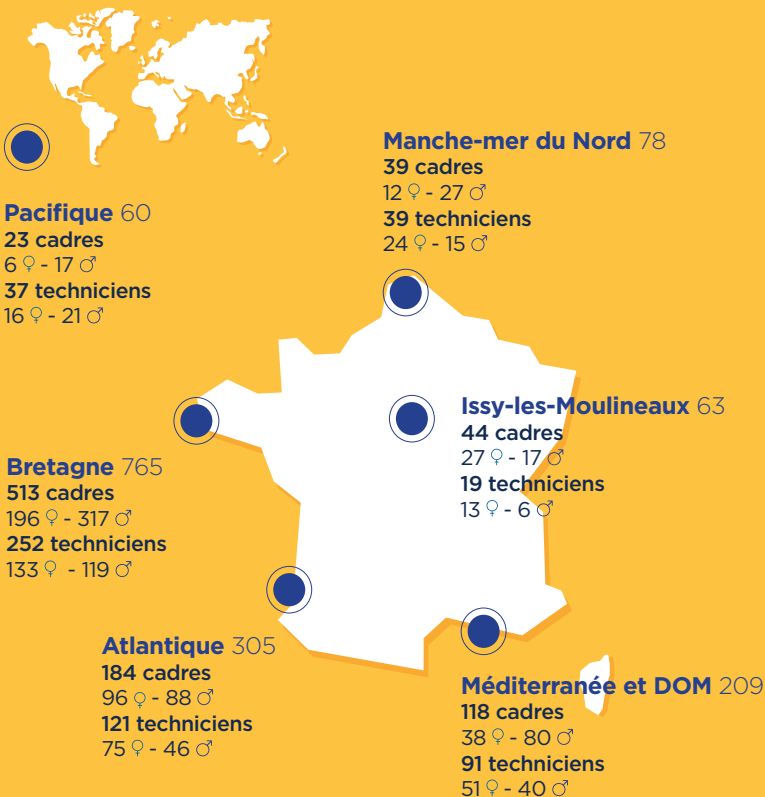
— RÉPARTITION HOMMES / FEMMES



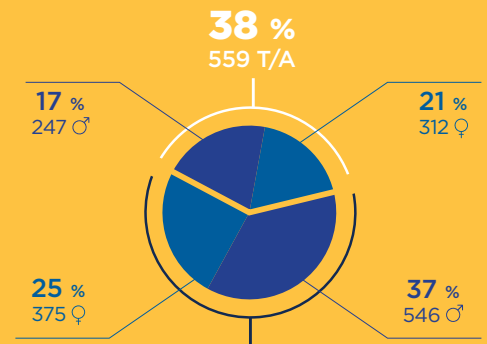
— RÉPARTITION CDI / CDD



— RÉPARTITION PAR CENTRE IFREMER



— REPARTITION DES EFFECTIFS PAR SEXE ET PAR CATEGORIE



89

RECRUTEMENTS

69 % de cadres
dont 31 ♀ - 30 ♂
31 % de T/A
dont 16 ♀ - 12 ♂

Données budgétaires et financières

Exercice 2017

La mise en place à l'Ifremer de la gestion budgétaire et comptable publique (GBCP), à compter de l'exercice 2017, induit le suivi de nouveaux indicateurs (résumés dans le tableau des autorisations budgétaires).

Les autorisations d'engagement (AE) se sont établies en 2017 à 208,3 millions d'euros, soit une réalisation globale de 92 % de la prévision. Les crédits de paiement (CP) ont été utilisés à hauteur de 193,2 millions d'euros, soit 87 % de la prévision. Les recettes encaissées se sont élevées à 197,5 millions d'euros, soit 94 % de la prévision.

L'exercice est marqué par : le décalage de certains engagements budgétaires sur l'exercice 2018 (construction du siège à Brest, travaux sur l'implantation de la Tremblade...) en raison des délais plus importants que prévus des procédures de mise en concurrence ; un écart sur les données liées au personnel entre la réalisation et la prévision dû à des estimations initiales non totalement compatibles avec la logique de la GBCP au moment de leur production. Le décalage relatif aux crédits de paiement s'explique pour partie par les retards de paiement des factures et des prévisions trop ambitieuses. Les recettes s'entendent recettes dûment encaissées et ne peuvent être comparées aux produits du compte de résultat.

Le solde budgétaire est donc en excédent de 4,3 millions d'euros pour 2017.

L'exécution budgétaire se traduit par un résultat excédentaire de 18,9 millions d'euros et un apport en fonds de roulement de 10,2 millions d'euros. Les données similaires de l'exercice 2016 sont respectivement de 24,56 millions d'euros et de 10,9 millions d'euros. ■

– Autorisations budgétaires

DÉPENSES	Prévisions 2017		Exécution 2017	
	AE	CP	AE	CP
Personnel	110 979 883	110 979 883	107 968 057	107 968 057
dont contributions employeur aux capacités de financement (CAS) pension	771 000	771 000	762 636	762 636
Fonctionnement	76 983 738	74 055 537	73 199 747	58 657 160
Intervention	-	-	-	-
Investissement	39 194 474	38 204 705	27 121 960	26 537 396
Total des dépenses	227 158 095	223 240 125	208 289 764	193 162 612
Solde budgétaire (excédent)		-		4 318 264

RECETTES	Prévisions 2017		Exécution 2017	
	AE	CP	AE	CP
Recettes globalisées		196 979 975		187 822 713
Subvention pour charges de service public		154 409 455		147 760 455
Autres financements de l'État		8 747 319		12 873 356
Fiscalité affectée		-		-
Autres financements publics		23 454 945		17 182 418
Recettes propres		10 368 256		10 006 485
Recettes fléchées*		13 168 986		9 658 162
Financements de l'État fléchés		5 665 986		1 284 000
Autres financements publics fléchés		7 503 000		8 374 162
Recettes propres fléchées		-		-
Total des recettes		210 148 961		197 480 876
Solde budgétaire (déficit)		13 091 164		-

Les ressources

L'ensemble des produits de l'institut s'est élevé à 208,9 millions d'euros sur l'exercice 2017.

Les subventions publiques (pour charges de service public et de fonctionnement en provenance de l'État et autres entités publiques) se sont élevées à 177,8 millions d'euros, en quasi stabilité par rapport à 2016 (- 1,9 %) : la SCSP allouée par le MESRI au titre du programme 172 « Recherches scientifiques et technologiques » s'établit ainsi à 147,8 millions d'euros par rapport aux 147,4 millions d'euros comptabilisés en 2016.

Les missions d'appui aux politiques publiques confiées aux équipes de l'institut, et notamment l'expertise halieutique et l'expertise aquacole (direction des pêches maritimes et de l'aquaculture, MAA), la mise en œuvre de la DCSMM (commanditée par la direction de l'eau et de la biodiversité, MTES) et les missions de surveillance sanitaire (commanditées par la direction générale de l'alimentation, MAA) ont été conduites et exécutées dans un cadre budgétaire 2017 très proche de celui de 2016.

Les produits directs d'activité se sont élevés à 14,6 millions d'euros, contre 25,2 millions d'euros en 2016. Ce retrait s'explique par une diminution de la facturation extérieure en raison de la non-reconduction de prestations ponctuelles (affrètements) ou la fin de partenariats avec des entités relevant du monde économique, ce qui avait été anticipé lors de l'élaboration du budget prévisionnel 2017. Cette

baisse s'explique également, dans une moindre mesure, par une diminution de la production stockée et immobilisée. Les autres produits et les produits financiers sont stables.

L'institut a par ailleurs comptabilisé 21,8 millions d'euros de subventions d'investissement destinées à participer au financement des projets de l'Ifremer, dans l'épure de la prévision budgétaire.

Les dépenses

L'ensemble des charges de l'institut s'est élevé à 189,9 millions d'euros sur l'exercice 2017.

Les charges liées directement à l'activité se sont élevées à 65 millions d'euros, en retrait de 6 millions d'euros par rapport à 2016. Cette évolution est à rapprocher de cette constatée pour les facturations d'activité mentionnée ci-dessus.

Les charges de personnel s'établissent à 96,2 millions d'euros, en légère baisse par rapport à 2016 (- 1,3 million d'euros). Les effectifs restent stables par rapport à 2016, s'établissant à 1 536 équivalents temps plein travaillé (ETPT) pour 2017. Les autres charges liées au fonctionnement de l'institut (fonctionnement, intervention et financières) se sont élevées à 12,0 millions d'euros, en quasi stabilité par rapport à 2016.

Les dotations aux amortissements s'élèvent à 16,7 millions d'euros contre 18,7 millions d'euros en 2016.

Les dépenses d'investissements se sont par ailleurs élevées à 32,6 millions d'euros.

La situation patrimoniale

Le total du bilan s'établit à 332,5 millions d'euros à fin 2017. Les éléments principaux sont les suivants :

- une trésorerie de 46,3 millions d'euros, en quasi stabilité par rapport à 2016 (à la fin de l'exercice, le niveau des dettes fournisseurs était exceptionnellement élevé) ;
- des créances sur les financeurs et les clients s'établissant à 65 millions d'euros, en hausse de 19 millions par rapport à 2016. Cette situation s'explique par les demandes de liquidation des subventions portant sur des projets importants (Datarmor, modernisation de *Thalassa*, campagnes halieutiques européennes) non soldées à la fin de l'exercice ;
- un actif immobilisé net valorisé à 221,2 millions d'euros, en hausse de 16 millions d'euros ;
- des dettes fournisseurs évaluées à 26,1 millions d'euros, en augmentation de 10,4 millions d'euros par rapport à 2016. Cette hausse est essentiellement due aux retards de paiement induits par la mise en place du nouvel outil de gestion. La situation sera régularisée sur l'exercice 2018.

Le budget par grands domaines de l'institut se répartit ainsi : les sciences représentent 53 % du budget de l'Ifremer, la flotte 29 % et les fonctions support 18 %.

En conclusion, la situation financière de l'institut est saine. L'Ifremer dispose des outils financiers nécessaires à la poursuite des projets immobiliers qui ont été lancés ainsi que des réserves financières suffisantes pour assurer la poursuite des projets scientifiques en cours et permettre ensuite le lancement de nouveaux programmes. ■

— Dépenses (par destination)

Budget	Personnel		Fonctionnement		Investissement		Total	
	AE	CP	AE	CP	AE	CP	AE	CP
SCIENCES	79 383 025	79 383 025	21 972 290	13 577 173	8 239 744	7 864 614	109 595 058	100 824 812
SUPPORT	18 845 187	18 845 187	16 968 982	13 589 720	2 564 153	3 970 071	38 378 322	36 404 978
AUTRES	-	-	-	-	-	-	-	-
FLOTTE	9 739 845	9 739 845	34 258 475	31 490 266	16 318 064	14 702 711	60 316 384	55 932 823
Total	107 968 057	107 968 057	73 199 747	58 657 160	27 121 960	26 537 396	208 289 764	193 162 612
SOLDE BUDGÉTAIRE (excédent)							4 318 264	

10

BILANS FINANCIERS ET COMPTABLES

— Bilan à la clôture avant affectation du résultat (euros)

BILAN - ACTIF					
	2017			2016	Évolution
	Brut	Amortissements dépréciations	Net	Net	
ACTIF IMMOBILISÉ					
Immobilisations incorporelles					
Frais d'établissement	13 270,16	13 270,16	0,00	0,00	-
Frais de recherche et développement	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Concessions et droits similaires, brevets, licences, marques, procédés, logiciels, droits et valeurs similaires	38 541 198,46	32 433 897,46	6 107 301,00	7 342 748,59	-16,8 %
Fonds commercial	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Autres immobilisations incorporelles	208 522,16	208 522,16	0,00	0,00	-
Immobilisations incorporelles en cours	5 980 724,06	0,00	5 980 724,06	4 384 602,03	36,4 %
Avances et acomptes versés sur commandes d'immobilisations incorporelles	5 003 325,16	0,00	5 003 325,16	4 287 546,85	16,7 %
Total immobilisations incorporelles	49 747 040,00	32 655 689,78	17 091 350,22	16 014 897,47	6,7 %
Immobilisations corporelles					
Terrains, agencements et aménagements de terrains	8 411 966,64	1 587 747,58	6 824 219,06	7 204 389,34	-5,3 %
Constructions	118 726 381,73	75 011 826,73	43 714 555,00	47 071 675,63	-7,1 %
Installations techniques, matériels et outillage	333 805 858,76	251 993 560,76	81 812 298,00	91 809 318,86	-10,9 %
Collections	872 856,49	0,00	872 856,49	872 856,49	0 %
Biens historiques et culturels	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Autres immobilisations corporelles	34 747 162,34	32 907 630,34	1 839 532,00	2 770 979,73	-33,6 %
Immobilisations mises en concession	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Immobilisations corporelles en cours	8 496 395,41	0,00	8 496 395,41	7 484 954,31	13,5 %
Avances et acomptes versés sur commandes d'immobilisations corporelles	53 429 645,34	0,00	53 429 645,34	24 679 795,76	116,5 %
Immobilisations corporelles (biens vivants)	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Total immobilisations corporelles	558 490 266,71	361 500 765,41	196 989 501,30	181 893 970,12	8,3 %

Immobilisations financières					
Titres de participation	560 591,68	72 899,60	487 692,08	386 478,08	26,2 %
Autres formes de participations (Quae)	125 000,00	0,00	125 000,00	125 000,00	0 %
Créances rattachées à des participations	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Titres immobilisés	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Prêts	5 860 301,28	0,00	5 860 301,28	5 855 245,80	0,1 %
Dépôts et cautionnements versés	640 399,76	0,00	640 399,76	640 399,76	0 %
Total immobilisations financières	7 186 292,72	72 899,60	7 113 393,12	7 007 123,64	1,5 %
Total Actif immobilisé	615 423 599,43	394 229 354,79	221 194 244,64	204 915 991,23	7,9 %

ACTIF CIRCULANT					
Total stock et en-cours	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Total avances et acomptes versés sur commande	393 147,90	0,00	393 147,90	3 728 494,89	-89,5 %

Créances					
Créances clients et comptes rattachés	9 768 534,17	1 585 987,63	8 182 546,54	9 636 197,64	-15,1 %
Créances sur des entités publiques (État, autres entités publiques) des organismes internationaux et la commission européenne	56 198 992,81	0,00	56 198 992,81	32 503 453,19	72,9 %
Créances sur les redevables (produits de la fiscalité affectée)	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Créances correspondant à des opérations pour comptes de tiers (dispositifs d'intervention)	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Créances sur les autres débiteurs	227 821,91	0,00	227 821,91	248 621,04	-8,4 %
Total créances	66 195 348,89	1 585 987,63	64 609 361,26	42 388 271,87	52,4 %

Disponibilités					
Actions (titres cotés)	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Autres titres	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Banque	46 303 976,02	0,00	46 303 976,02	46 025 699,47	0,6 %
dont banques privées	41 683,74	0,00	41 683,74	1 275 457,66	-96,7 %
dont direction générale des Finances publiques	46 262 292,28	0,00	46 262 292,28	44 750 241,81	3,4 %
Caisse	19,56	0,00	19,56	0,00	-
Régies d'avance	43 449,87	0,00	43 449,87	48 978,48	-11,3 %
Régies de recette	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Total disponibilités	46 347 445,45	0,00	46 347 445,45	46 074 677,95	0,6 %

Régularisations					
Charges constatées d'avance	0,00	0,00	0,00	14 941,14	-100 %
Écarts de conversion actif	-0,23	0,00	-0,23	-0,23	0 %
Total régularisations	-0,23	0,00	-0,23	14 940,91	-100 %
Total Actif circulant	112 935 942,01	1 585 987,63	111 349 954,38	92 206 385,62	20,8 %

Total Actif	728 359 541,44	395 815 342,42	332 544 199,02	297 122 376,85	11,9 %
--------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	---------------

– Résultat de l'exercice (bénéfice ou perte)

BILAN - PASSIF			
	Exercice 2017	Exercice 2016	Évolution
FONDS PROPRES			
Capital			
Financements reçus			
Financements de l'État non rattachés à des actifs	0,00	0,00	-
Financements de l'État rattachés à des actifs	131 072 975,14	132 791 467,98	-1,3 %
Financements de l'actif par des tiers autres que l'État	25 944 995,59	15 558 739,12	66,8 %
dont reprise au résultat des financements	381 198 024,49	355 070 918,26	7,4 %
Total financements reçus	157 017 970,73	148 350 207,10	5,8 %
Total écarts de réévaluation	16 299 666,98	18 760 830,03	-13,1 %
Réserves			
Réserve légale	0,00	0,00	-
Réserves réglementées	0,00	0,00	-
Autres réserves	35 510 661,75	18 487 753,60	92,1 %
dont réserves facultatives	35 510 661,75	18 487 753,60	92,1 %
Total réserves	35 510 661,75	18 487 753,60	92,1 %
Report à nouveau	11 172 693,73	1 172 693,73	852,7 %
Résultat de l'exercice (bénéfice ou perte)	18 923 659,73	24 561 745,10	-23 %
Provisions réglementées	0,00	0,00	-
Total fonds propres	238 924 652,92	211 333 229,56	13,1 %

PROVISIONS			
Provisions pour risques	2 200 820,00	1 631 000,00	34,9 %
Provisions pour charges	15 741 582,87	17 423 298,12	-9,7 %
dont provisions pour pensions et obligations similaires	12 894 957,10	12 691 128,08	1,6 %
dont provisions pour allocation perte d'emploi et indemnités de licenciement	1 868 828,91	3 754 373,18	-50,2 %
dont autres provisions pour charges - autres	977 796,86	977 796,86	0 %
Total provisions	17 942 402,87	19 054 298,12	-5,8 %

DETTES			
Dettes financières			
Emprunts et dettes assimilées	31 323,00	31 323,00	0 %
dont dépôts et cautionnement reçus - dépôts	31 323,00	31 323,00	0 %
Dettes rattachées à des participations	3 448,41	3 448,41	0 %
dont dettes rattachées à des sociétés en participation - Tahiti	3 448,41	3 448,41	0 %
Total dettes financières	34 771,41	34 771,41	0 %
Dettes non financières			
Dettes fournisseurs et comptes rattachés	26 116 404,83	15 701 055,87	66,3 %
Dettes fiscales et sociales	24 058 645,18	31 611 137,97	-23,9 %
dont dettes personnel et comptes rattachés	10 350 140,49	12 014 028,62	-13,8 %
dont sécurité sociale et organismes sociaux	9 994 899,53	10 079 168,24	-0,8 %
Avances et acomptes reçus	22 337 132,45	16 370 183,57	36,5 %
Dettes correspondant à des opérations pour comptes de tiers (dispositifs d'intervention)	169 567,54	622 286,67	-72,8 %
Autres dettes non financières	2 706 174,37	2 319 298,66	16,7 %
Total dettes non financières	75 387 924,37	66 623 962,74	13,2 %
Trésorerie			
Éléments de trésorerie passive	478,69	7 355,47	-93,5 %
Total trésorerie	478,69	7 355,47	-93,5 %
Régularisations			
Produits constatés d'avance	253 968,54	68 759,55	269,4 %
Comptes de régularisations	0,00	0,00	-
Total régularisations	253 968,54	68 759,55	269,4 %
Total dettes	75 677 143,01	66 734 849,17	13,4 %
Total écarts de conversion passif	0,23	0,00	
Total Passif	332 544 199,03	297 122 376,85	11,9 %

Résultat (euros) - partie 1	Exercice 2017	Exercice 2016	Évolution
CHARGES DE FONCTIONNEMENT ET D'INTERVENTION			
Charges de fonctionnement			
Achats	0,00	101,50	-100 %
Consommation de marchandises et approvisionnements, réalisation de travaux et consommation directe de service par l'organisme au titre de son activité ainsi que les charges liées à la variation des stocks	65 040 044,81	71 000 189,33	-8,4 %
Charges de personnel	96 150 114,96	97 441 998,31	-1,3 %
Salaires, traitements et rémunérations diverses	64 276 858,81	65 669 497,48	-2,1 %
Charges sociales	26 970 852,57	26 865 458,48	0,4 %
Intéressement et participation	0,00	0,00	-
Autres charges de personnel	4 902 403,58	4 907 042,35	-0,1 %
Autres charges de fonctionnement	10 495 906,65	11 208 066,03	-6,4 %
Dotations aux amortissements, dépréciations, provisions et valeurs nettes comptables des actifs cédés	16 741 125,59	18 746 948,12	-10,7 %
Total charges de fonctionnement	188 427 192,01	198 397 303,29	-5 %
Charges d'intervention			
Dispositif d'intervention pour compte propre	1 429 356,72	459 393,71	211,1 %
Transfert aux ménages	0,00	0,00	-
Transferts aux entreprises	0,00	0,00	-
Transferts aux collectivités territoriales	0,00	0,00	-
Transferts aux autres collectivités	1 429 356,72	459 393,71	211,1 %
Charges résultant de la mise en jeu de la garantie de l'organisme	0,00	0,00	-
Dotations aux provisions et dépréciations	0,00	0,00	-
Total charges d'intervention	1 429 356,72	459 393,71	211,1 %
Total charges de fonctionnement et d'intervention	189 856 548,73	198 856 697,00	-4,5 %
PRODUITS DE FONCTIONNEMENT			
Produits sans contrepartie directe (ou subventions et produits assimilés)	177 797 957,20	181 227 954,55	-1,9 %
Subventions pour charges de service public	154 384 174,00	155 586 583,00	-0,8 %
Subventions de fonctionnement en provenance de l'État et des autres entités publiques	23 386 783,20	25 591 371,55	-8,6 %
Subventions spécifiquement affectées au financement de certaines charges d'intervention en provenance de l'État et des autres entités publiques	0,00	0,00	-
Dons et legs	27 000,00	50 000,00	-46 %
Produits de la fiscalité affectée	0,00	0,00	-
Produits avec contrepartie directe (ou produits directs d'activité)	14 616 431,54	25 191 839,13	-42 %
Ventes de biens ou prestations de services	12 420 273,97	21 558 361,56	-42,4 %
Produits de cessions d'éléments d'actif	310 000,00	36 779,34	742,9 %
Autres produits de gestion	1 064 292,42	1 675 936,89	-36,5 %
Production stockée et immobilisée	821 865,15	1 920 761,34	-57,2 %
Autres produits	16 079 634,86	16 779 186,80	-4,2 %
Reprises sur amortissements, dépréciations et provisions (produits de fonctionnement)	2 968 426,46	2 052 388,62	44,6 %
Reprises du financement rattaché à un actif	13 111 208,40	14 726 798,18	-11 %
Total produits de fonctionnement	208 494 023,60	223 198 980,48	-6,6 %

Résultat (euros) - partie 2	Exercice 2017	Exercice 2016	Évolution
CHARGES FINANCIÈRES			
Charges d'intérêt	14 751,65	0,00	-
Charges nettes sur cessions de valeurs mobilières de placement	0,00	0,00	-
Pertes de change	14 282,61	3 544,62	302,9 %
Autres charges financières	0,00	24 157,57	-100 %
Dotations aux amortissements, dépréciations et aux provisions financières	0,00	4 100,00	-100 %
Total charges financières	29 034,26	31 802,19	-8,7 %

PRODUITS FINANCIERS			
Produits des participations et des prêts	273 167,25	263 250,00	3,8 %
Produits nets sur cessions des immobilisations financières	0,00	0,00	-
Intérêts sur créances non immobilisées	0,00	0,00	-
Produits des valeurs mobilières de placement et de la trésorerie	0,00	0,00	-
Produits nets sur cessions de valeurs mobilières de placement	21 812,37	4 500,46	384,7 %
Gains de change	0,00	281,10	-100 %
Autres produits financiers	87 480,00	8 232,25	962,6 %
Reprises sur amortissements, dépréciations et provisions financières	0,00	0,00	-
Total produits financiers	382 459,62	276 263,81	38,4 %

IMPÔTS SUR LES SOCIÉTÉS	67 241,00	25 000,00	169 %
Résultat brut	18 923 659,23	24 561 745,10	-23 %
Total produits	208 876 483,22	223 475 244,29	-6,5 %
Total charges	189 885 582,99	198 888 499,19	-4,5 %
Bénéfice (+) ou perte (-)	18 923 659,23	24 561 745,10	-23 %

CONSEIL D'ADMINISTRATION

AU 31 DÉCEMBRE 2017

Président

François JACQ

Membres représentants de l'État

Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation

Bernard COMMÈRE

Suppléant : Didier MARQUER

Ministère de la Transition écologique et solidaire

Laurent BERGEOT

Suppléante : Marie-Laure BAILLY MAÎTRE

Laurent BOUVIER

Suppléant : Maximilien SIMON

Ludovic SCHULTZ

Ministère des Armées

Contre-amiral Bernard-Antoine

MORIO DE L'ISLE

Suppléant : Capitaine de vaisseau Lionel PILLAN

Ministère de l'Économie, des Finances et du Commerce extérieur

Nicolas HENGY

Ministère chargé de l'Industrie

Suppléant : Robert DJELLAL

Ministère des Affaires étrangères et du Développement international

Clélia CHEVRIER KOLACKO

Suppléant : Anisse BEN YOUNES

Membres choisis pour leurs compétences dans les domaines proches de ceux de l'Ifremer

Julien LAMOTHE

Secrétaire général

de l'Association nationale des organisations de producteurs de la pêche maritime et des cultures marines

Michel EDDI

Président du Cirad

Françoise MÉCHIN

IFP Énergies nouvelles

Stéphanie THIÉBAULT

Directrice de l'Institut Écologie et Environnement du CNRS

Représentants élus du personnel de l'Ifremer

CFDT

Loïc LE DÉAN

Loïc PETIT DE LA VILLÉON

Catherine SATRA LE BRIS

Jean TOURNADRE

Cathy TRÉGUIER

CGT

Carla SCALABRIN

Joël KNOERY

Membres avec voix consultative

Président du Comité scientifique de l'Ifremer

Patrick LANDAIS

Commissaire du gouvernement
Thierry BERGEONNEAU

Représentante du ministère chargé des départements d'outre-mer

Christiane LAURENT MONPETIT

Contrôle général économique et financier

Philippe DEBET

Secrétaire général de la mer

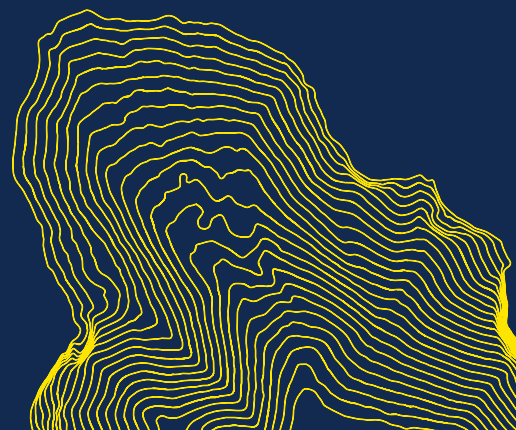
Vincent BOUVIER

Agent comptable de l'Ifremer

Yves JANIN

Secrétaire du CCE

Jean-Bernard DONOU



COMITÉ SCIENTIFIQUE

AU 31 DÉCEMBRE 2017

Membres nommés par arrêté conjoint des ministres de tutelles

Patrick LANDAIS

Président-Directeur délégué
à l'innovation et au développement de
l'Andra

Denis ALLEMAND

Directeur scientifique du
Centre scientifique de Monaco

Chris BOWLER

École normale supérieure,
directeur de la section
Génomique environnementale
et évolutive

Francesco CHIOCCI

Université La Sapienza,
département Sciences
de la Terre, Rome (Italie)

Pascale DELÉCLUSE,

CNRS - directrice de l'INSU

Marion GEHLEN

Laboratoire des sciences
du climat et de l'environnement, CEA,
Gif-sur-Yvette

Peter M. J. HERMAN

Senior Adviser, NIOZ,
Yerseke (Pays-Bas)

François LALLIER

Directeur de l'UMR Adaptation
et diversité en milieu marin, université
Pierre et Marie Curie, Roscoff

Marina LÉVY

Laboratoire d'océanographie
et du climat, université Pierre
et Marie Curie, Paris

Jean-Marie MOUCHEL

Directeur de l'UMR Milieux
environnementaux, Transferts
et Interactions dans les hydrosystèmes
et les sols, université Pierre
et Marie Curie, Paris

Fabienne PETIT

Directrice de la Fédération Sciences
appliquées à l'environnement,
Université de Rouen,

Edwige QUILLET

Responsable de l'équipe
Génétique et Aquaculture, UMR GABI,
INRA, Jouy-en-Josas

Hélène REY-VALETTE

CEE-M, centre de l'économie
de l'environnement - Montpellier

Membres élus du personnel Ifremer

Marie-Caroline MONTAGNANI,

titulaire CFDT

Jean-François PÉPIN,

titulaire CFDT

Marie-Anne CAMBON BONAVITA,

suppléante CFDT

Christophe DESBOIS,

suppléant CFDT

Julien NORMAND,

titulaire CGT

Ricardo DA SILVA JACINTO,

suppléant CGT

Invités permanents

François CARLOTTI

GT Mer AllEnvi, directeur-adjoint
de l'Institut méditerranéen
d'océanologie scientifique

Thomas CHANGEUX

GT Mer AllEnvi,
comité outre-mer, IRD

Jacqueline GARNIER-LAPLACE

GT Risques AllEnvi, directrice
du département Recherche
et Expertise sur les risques
environnementaux,
Institut de radioprotection
et de sûreté nucléaire

Didier GASCUEL

GT Mer AllEnvi, directeur
du pôle Halieutique, Mer
et Littoral, Agrocampus Ouest

Yves-Marie PAULET

GT Mer AllEnvi, Université
de Bretagne occidentale

Sylvie REBUFFAT

Muséum national d'Histoire
naturelle et Comité de
pilotage scientifique d'AllEnvi

Secrétaire du comité scientifique

Anne RENAULT

Directrice scientifique
de l'Ifremer



LES CENTRES ET STATIONS

DE L'IFREMER

SIÈGE SOCIAL

155 rue Jean-Jacques Rousseau
92138 Issy-les-Moulineaux Cedex
Tél. 01 46 48 21 00

MANCHE-MER DU NORD

Centre Manche-mer du Nord
150 quai Gambetta, BP 699
62321 Boulogne-sur-Mer Cedex
Tél. 03 21 99 56 00

Station de Port-en-Bessin
avenue du Général de Gaulle, BP 32
14520 Port-en-Bessin
Tél. 02 31 51 56 00

BRETAGNE

Centre de Bretagne
ZI Pointe du Diable
CS 10070
29280 Plouzané
Tél. 02 98 22 40 40

Site expérimental d'Argenton
Presqu'île du Vivier
29840 Argenton-en-Landunvez
Tél. 02 98 89 29 40

Cresco Station Ifremer
38 rue du Port-Blanc, BP 70134
35801 Dinard Cedex
Tél. 02 23 18 58 58

Station de biologie marine
de Concarneau
place de la Croix, BP 40537
29185 Concarneau Cedex
Tél. 02 98 10 42 80

Station de Lorient
8 rue François Toullec
56100 Lorient
Tél. 02 97 87 38 00

Station de La Trinité
12 rue des Résistants, BP 86
56470 La Trinité-sur-Mer
Tél. 02 97 30 19 19

ATLANTIQUE

Centre Atlantique
rue de l'île-d'Yeu, BP 21105
44311 Nantes Cedex 03
Tél. 02 40 37 40 00

Station de La Rochelle
place Gaby Coll, BP 7
17137 L'Houmeau
Tél. 05 46 50 94 40

Station de Bouin
polder des Champs
85230 Bouin
Tél. 02 51 68 77 80

Station de La Tremblade
avenue de Mus de Loup
Ronce-les-Bains, BP 133
17390 La Tremblade
Tél. 05 46 76 26 10

Station d'Arcachon
quai du Commandant-Silhouette
33120 Arcachon
Tél. 05 57 72 29 80

Implantation d'Anglet
UPPA
1 allée du parc Montauray
64600 Anglet
Tél. 02 29 00 85 92

MÉDITERRANÉE

Centre Méditerranée
zone portuaire de Brégaillon,
CS 20330
83507 La Seyne-sur-Mer Cedex
Tél. 04 94 30 48 00

Station de Palavas-les-Flots
chemin de Maguelone
34250 Palavas-les-Flots
Tél. 04 67 13 04 00

Station de Sète
avenue Jean-Monnet, BP 171
34203 Sète Cedex
Tél. 04 99 57 32 00

Implantation de Corse
Immeuble Agostini
SCI Endajola-Pastoreccia
ZI de Bastia-Furiani
20600 Bastia
Tél. 04 95 38 00 24

Implantation de Montpellier
Université de Montpellier
place Eugène Bataillon, CC80
34095 Montpellier Cedex 5
Tél. 04 67 14 46 25

OUTRE-MER

Centre Pacifique
BP 7004, 98179 Taravao
Polynésie française
Tél. +689 54 60 00

Délégation de Guyane
Domaine du Suzini, BP 477
97331 Cayenne
Guyane française
Tél. +594 30 22 00

Délégation de St-Pierre-et-Miquelon
Antenne Ifremer, quai de l'Alysse,
BP 4240, 97500 Saint-Pierre
Saint-Pierre-et-Miquelon
Tél. +508 41 30 83

Délégation de Nouvelle-Calédonie

- Bureau de Nouméa
101 promenade Roger Laroque, BP 2059
98846 Nouméa Cedex
Tél. +687 28 51 71
- Station de Saint-Vincent
98812 Boulouparis
Nouvelle-Calédonie

Délégation des Antilles
79 route de Pointe-Fort
97231 Le Robert Martinique
Tél. +596 66 19 40

Délégation de La Réunion
rue Jean Bertho, BP 60
97822 Le Port Cedex La Réunion
Tél. +262 42 03 40

**Remerciements à l'ensemble des personnes
des unités de recherche et des services de Ifremer
ayant collaboré à la réalisation de ce document.**

Crédit photos : photothèque Ifremer

Conception et réalisation graphique : CIMAYA

Impression : CIMAYA – Ce document est imprimé sur du papier issu
de forêts gérées durablement. L'imprimerie choisie est certifiée Imprim'Vert.





155 rue Jean-Jacques Rousseau
92138 Issy-les-Moulineaux Cedex
Tél. (33) 01 46 48 21 00
Fax (33) 01 46 48 21 21
www.ifremer.fr